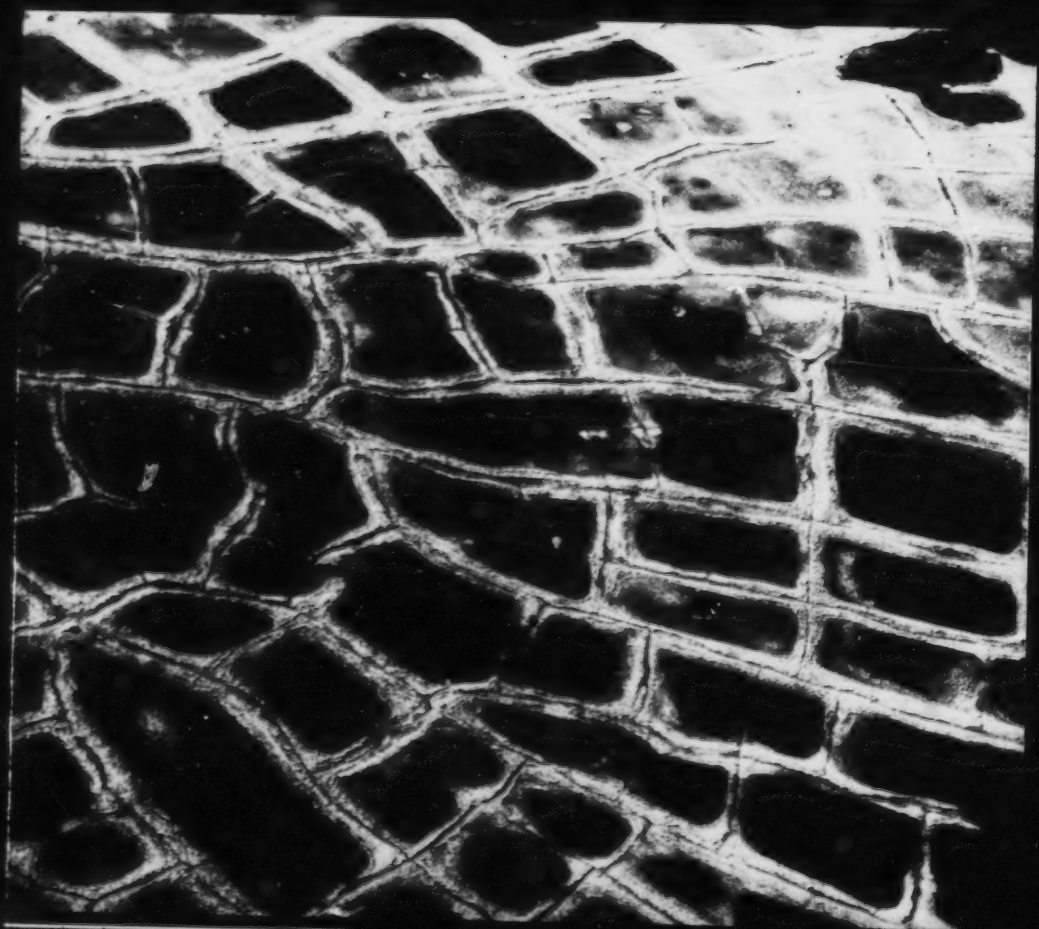
Conseil national de recherches Canada
National Research Council Canada

La terminologie du pergélisol et notions connexes

Sous-comité du pergélisol
Comité associé de recherches géotechniques
Conseil national de recherches du Canada



Canada

Conseil national de recherches Canada
National Research Council Canada

La terminologie du pergélisol et notions connexes

Sous-comité du pergélisol
Comité associé de recherches géotechniques
Conseil national de recherches du Canada

Préparé par : S.A. Harris, H.M. French, J.A. Heginbottom, G.H. Johnston, B. Ladanyi, D.C. Sego, R.O. van Everdingen
Conseil national de recherches du Canada
Ottawa (Ontario) Canada K1A 0R6

Traduit par : M. Verge et L. La Brie.

Note de service technique no. 142

89-03245/

©Conseil national de recherches du Canada 1988

ISBN 0-660-12540-4
CNRC 27952 F
Note de service technique no. 142

Also available in English

Photo couverture : vue oblique aérienne de polygones à centre concave sur une terrasse fluviale au nord du lac Raddi au sud-ouest de l'île Banks, T.N.-O. (Photographie par J.-S. Vincent, Commission géologique du Canada).

Table des matières

Préface	5
Remerciements	7
Introduction	9
Glossaire	13
Références	87
Figures	105

Préface

Le terme pergélisol désigne le sol ou la roche qui se maintient à une température égale ou inférieure à 0 °C pendant deux ans. Environ 50 pour cent du sous-sol du Canada est pergélisolé tandis que le reste du pays est affecté par le gel saisonnier et les processus liés au gel. L'U.R.S.S. est le seul pays à avoir une superficie de pergélisol plus grande que celle du Canada, quoiqu'il y en ait aussi de vastes étendues en Alaska, en République populaire de Chine, au Groënland, dans le nord de la Scandinavie et dans l'Antarctique.

Les activités économiques ont connu un essor important dans le Nord canadien au cours des vingt dernières années, notamment en raison de l'exploration des ressources énergétiques, en particulier la recherche de pétrole et de gaz naturel. Cette expansion, accompagnée de la construction d'infrastructures, a amené une prise de conscience de l'ampleur des problèmes associés au gel saisonnier et au pergélisol. Ces problèmes ont été signalés depuis longtemps en Union Soviétique où la géocryologie est un domaine d'étude reconnu. En Amérique du Nord, la science et le génie du pergélisol sont des disciplines en plein essor et fertiles en applications.

En 1974 paraissait une brochure intitulée *Terminologie du pergélisol*. Elle avait été préparée par le regretté R.J.E. Brown et par W.O. Kupsch, sous le parrainage du Sous-comité du pergélisol du Comité associé de recherches géotechniques du Conseil national de recherches du Canada. Premier ouvrage du genre publié au Canada, ce glossaire de termes liés au pergélisol visait à répondre au besoin grandissant d'uniformisation de la terminologie utilisée dans le cadre des nombreuses études scientifiques et techniques sur les régions pergélisolées du Canada.

Lors d'une réunion du Sous-comité du pergélisol au mois d'octobre 1982, il a été recommandé que la *Terminologie du pergélisol* soit mise à jour et republiée. Une enquête du sous-comité auprès des spécialistes en pergélisol de l'Amérique du Nord avait confirmé, d'une part, le besoin d'augmenter la liste de termes existante afin d'inclure, par exemple, les termes pertinents en matière d'ingénierie et les termes désignant les divers types de glace dans le sol et, d'autre part, le besoin d'apporter les modifications imposées par l'usage. En 1983, le sous-comité a mis sur pied un groupe de travail composé de S.A. Harris (président), H.M. French, J.A. Heginbottom, G.H. Johnston, B. Ladanyi, D.C. Sego et R.O. van Everdingen, pour préparer et publier ce nouveau glossaire. La version anglaise, fruit de plus de trois ans de réunions régulières du groupe de travail, a été traduite en français par M. Verge et L. La Brie, puis revue par M. Allard, B. Ladanyi et J.J. Veillette.

Au nom du Comité associé de recherches géotechniques, j'aimerais remercier les personnes qui ont consacré leur temps, leur énergie et leurs efforts à la préparation de la présente publication qui sera sans conteste très appréciée et très utilisée au Canada. Enfin, si ce glossaire devait être adopté ailleurs dans le monde, le Conseil national de recherches du Canada serait enchanté d'y avoir participé.

Président,
Comité associé de recherches géotechniques,
V. Milligan

Remerciements

Le groupe de travail remercie les personnes qui, de par leurs commentaires sur les termes durant la préparation du glossaire, ont contribué à la réalisation de ce projet. Les personnes suivantes ont émis des commentaires sur la première liste de termes proposés à des fins d'inclusion dans le glossaire et sur les toutes premières ébauches de définitions, commentaires et références finalement choisies : M. Allard, Centre d'Études Nordiques, Université Laval ; T.H.W. Baker, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada ; J. Brown, U.S. Army, Cold Regions Research and Engineering Laboratory ; O.J. Ferrians, U.S. Geological Survey ; L.E. Goodrich, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada ; W.O. Kupsch, Département des sciences géologiques, Université de Saskatchewan ; J.R. Mackay, Département de géographie, Université de la Colombie-Britannique ; J.D. Mollard, J.D. Mollard and Associates, Ltd., T.E. Osterkamp, Geophysical Institute, University of Alaska ; T.L. Péwé, Department of Geology, Arizona State University ; V.N. Rampton, Terrain Analysis and Mapping Services, Ltd. ; L. Samson, Terratech Ltd. ; P.V. Sellmann, U.S. Army, Cold Regions Research and Engineering Laboratory ; M.W. Smith, Département de géographie, Université Carleton ; W. Stanek, Service canadien de la foresterie, Environnement Canada ; A.L. Washburn, Quaternary Research Centre, University of Washington ; J.R. Williams. U.S. Geological Survey ; P.J. Williams, Laboratoires de science géotechnique, Université Carleton ; S.C. Zoltai, Service canadien des forêts, Environnement Canada.

Madame C.A. Gustafson de l'Université de Calgary a mené des recherches terminoligues et aidé le groupe de travail à dresser une première liste des termes à des fins d'inclusion dans le glossaire.

Nous remercions la Section des publications, tout spécialement Linda Hayes, ainsi que le personnel de la Division de graphisme de l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada de leur précieuse collaboration. Nous tenons également à remercier Madame N.E. Hardy de l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada pour les heures et les efforts consacrés à la typographie des nombreuses ébauches de même que la copie finale du glossaire.

Nos remerciements vont également aux personnnes qui nous ont donné la permission de publier les photos ; leurs noms sont indiqués dans la légende.

L'intérêt soutenu et la compétence de Madame Penny Williams de PMF Services de rédaction Inc. et de Madame Judith Gregory de Gregory Gregory Limited méritent d'être soulignés.

Introduction

Le présent glossaire n'est pas un ouvrage sur le pergélisol du Canada. Il s'agit plutôt d'une lexique* relatif à la science du pergélisol et au génie du pergélisol. L'objectif des auteurs est de présenter la liste et la définition des termes couramment utilisés dans la littérature spécialisée canadienne ou traitant du Canada. Ce lexique a été établi à partir de la *Terminologie du pergélisol*, brochure publiée en décembre 1974 par le regretté R.J.E. Brown et par W.O. Kupsch. Toutefois, plusieurs différences importantes distinguent le présent document de l'ouvrage précédent.

Premièrement, le nouvel ouvrage couvre un champ de connaissances plus vaste. En plus des termes relatifs aux formes de relief et aux processus propres aux régions pergélisolées (notamment ceux qui ont trait à la glace de sol, à la gélivation et aux phénomènes périglaciaires), d'autres termes non exclusifs aux régions pergélisolées ont été inclus en raison de l'importance qu'ils revêtent. En outre, le plus grand nombre possible de termes pouvant désigner les types de glace de sol et les concepts d'ingénieurie liés aux sols gelés ont été compilés.

Une deuxième innovation importante dans ce glossaire est que les auteurs ont tenté de résoudre le problème sémantique posé par l'emploi du terme «gelé». Brown et Kupsch avaient signalé que selon certains chercheurs dans le domaine du pergélisol le mot «gelé» ne devrait être employé que pour désigner des sols dont la température est inférieure à 0 °C, qu'ils contiennent ou non de l'eau (à l'état solide, voire même liquide). Selon d'autres chercheurs, le terme «gelé» ne devrait désigner que des sols qui contiennent de la glace. Il est important de remarquer que les termes *gélisol* et *sol non gelé* sont définis dans le présent glossaire de façon à différencier les sols (ou la roche) contenant de la glace des sols dont la température peut être inférieure à 0 °C mais qui n'en contiennent pas. Partout où cela était possible, on a opté pour la terminologie géocryologique. Ainsi, il est suggéré que l'emploi de l'adjectif «cryotique» soit réservé pour désigner les sols de température égale ou inférieure à 0 °C, quelle que soit leur teneur en glace; inversément, l'expression «non cryotique» s'applique aux sols de température supérieure à 0 °C.

La définition du terme pergélisol dans le présent glossaire est essentiellement la même que celle qui était donnée dans la *Terminologie du pergélisol*. Elle est établie en fonction de la température. Toutefois, le commentaire relatif à ce terme précise: «...bien que tous les gélisols pérennes soient des *pergélisols*, les *pergelisols* ne sont pas toujours des sols gelés de façon pérenne» étant donné que même à une température inférieure à 0 °C (c.-à-d. cryotique), un sol peut ne pas contenir de glace.

---

*Un terme est imprimé en italiques lorsqu'il est défini dans le glossaire. Cette règle ne s'applique cependant pas aux termes «glace» et «pergélisol» dont la fréquence d'apparition est trop élevée.

La version française du présent glossaire vise principalement à faciliter les échanges entre les scientifiques et les ingénieurs francophones travaillant dans les régions pergélisolées du nord canadien. Une préférence a donc été accordée, lors de la traduction, aux termes français employés en Amérique du Nord. On a évité autant que possible l'emploi de termes issus de langues étrangères (russe, allemand, chinois ou autres) sauf s'ils sont implantés par l'usage comme, par exemple, *alass* et *talik*. Lorsqu'un terme est couramment employé en Amérique du Nord, il a été retenu plutôt que le terme étranger équivalent (p. ex. «aufeis» a été remplacé par *glaçage*). Dans tous les cas, on a retenu les termes qui reflètent le plus fidèlement l'usage actuel dans la documentation de langue française.

Toutes les notions sont définies à l'entrée principale qui est le terme à utiliser de préférence aux synonymes qui constituent des entrées secondaires non définies, mais qui renvoient à l'entrée principale. Certains synonymes portent la mention «à éviter» ou «non recommandé» pour un certain nombre de raisons : pour écarter toute imprécision ou ambiguïté, pour uniformiser la terminologie, pour décourager les translitérations et pour favoriser l'implantation de termes d'origine française. Le groupe de travail souhaite que ces termes «non recommandés» finissent par disparaître faute d'être employés par les chercheurs spécialisés. Dans la version française, l'équivalent anglais du terme défini est ajouté après chaque entrée, entre crochets. De plus, l'utilisation de l'adjectif «fossile» est limitée aux vestiges de pergélisol rencontrés dans les régions autrefois pergélisolées (en particulier au Pleistocène) mais qui ne le sont plus; ceci s'applique par exemple aux «fentes en coins fossiles» et aux «pingos fossiles». Des termes différents sont proposés pour les formes inactives ou résiduelles trouvées dans les régions actuellement pergélisolées comme les *pingos effondrés* et les *cicatrices d'affaissements*. Les termes du glossaire qui ne sont pas définis sont soit des synonymes, soit des termes utilisés dans le corps des définitions, soit des commentaires (p. ex. *sol structuré; talik*).

Il est possible de référer à la bibliographie pour obtenir des informations plus détaillées sur les termes du glossaire et reconstituer l'évolution historique de certaines notions liées au pergélisol. Les sources de langue française ont été fusionnées à celles de langue anglaise. Dans la plupart des cas, les documents cités sont les textes des premiers chercheurs à traiter des concepts en question ou, encore, des textes récents et facilement disponibles qui contiennent des notions et des concepts à jour. Partout où cela était possible, des documents traitant de phénomènes observés au Canada ont été utilisés. La bibliographie ne prétend toutefois pas être complète.

Des diagrammes et des photographies illustrent certains concepts et aident à différencier certains phénomènes liés au pergélisol. Le glossaire n'étant pas un manuel, les phénomènes n'y sont pas tous illustrés.

Le groupe de travail s'attend à ce que les chercheurs spécialisés en pergélisol ne soient pas tous d'accord avec la méthode adoptée et avec certaines des définitions proposées. Tous les commentaires et toutes les propositions de modification concernant les termes, les définitions et la présentation sont bienvenus. Prière de les faires parvenir à l'adresse suivante :

Conseiller en recherche
Sous-comité du pergélisol
Comité associé de recherches géotechniques
Conseil national des recherches du Canada
Ottawa (Ontario)
Canada K1A 0R6

Le groupe de travail croit fermement que ce glossaire est représentatif de l'évolution importante des connaissances en matière de pergélisol en Amérique du Nord et que la liste de termes et de notions dont il propose la standardisation aidera à l'essor de la science et du génie de pergélisol.

Membres du groupe de travail du glossaire sur le pergélisol

Professeur S.A. Harris
Département de géographie
Université de Calgary
Calgary (Alberta)
T2N 1N4

Professeur H.M. French
Département de géographie et de géologie
Université d'Ottawa
Ottawa (Ontario)
K1N 6N5

M. J.A. Heginbottom
Commission géologique du Canada
601, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E8

M. G.H. Johnston
Section géotechnique
Institut de recherche en construction
Conseil national de recherches du Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6

Professeur B. Ladanyi
Département de génie civil
Université de Montréal
École Polytechnique
C.P. 6079, succursale A
Montréal (Québec)
H3C 3A7

Docteur D.C. Sego
Département de génie civil
Université de l'Alberta
Edmonton (Alberta)
T6G 2G7

Docteur R.O. van Everdingen
The Arctic Institute of North America
Université de Calgary
Calgary (Alberta)
T2N 1N4

A

abaissement du point de congélation (voir aussi *température de nucléation de la glace*[1])

[freezing-point depression]

Nombre de degrés sous O °C correspondant à la baisse du point de congélation d'un sol (fig. 2 et 3).

REMARQUE : Il s'agit de la plus haute température à laquelle le sol, l'eau, la glace et l'air se trouvent en équilibre. Dans les sols, l'abaissement du point de congélation est attribuable en grande partie à la capillarité et à l'adsorption superficielle. Il est fonction de certaines caractéristiques du sol (courbure et nature de la surface des particules), de la pression et des effets des matières solides dissoutes dans l'*eau interstitielle*.

Il est souvent possible d'évaluer l'abaissement du point de congélation à partir du profil de température du sol; il correspond à la différence en degrés entre la température de la base du *pergélisol contenant de la glace* et 0 °C.

SOURCES : Anderson et Morgenstern, 1973; van Everdingen, 1976; Osterkamp et Payne, 1981.

accroissement du pergélisol (voir aussi *glace d'accroissement; régression du pergélisol*)

[permafrost aggradation]

Augmentation d'origine naturelle ou artificielle de l'épaisseur ou de l'étendue du pergélisol.

REMARQUE : L'accroissement du pergélisol peut être causé par un refroidissement du climat ou par certains changements dans les conditions du terrain, notamment une succession de végétation, un remplissage de bassins lacustres et une diminution du manteau nival. L'accroissement du pergélisol peut aussi avoir lieu sous les patinoires (arénas), les remblais de route et d'aérodrome, etc. Il peut se traduire par un amincissement du *mollisol* et un épaississement du pergélisol ainsi que par une augmentation de la superficie du pergélisol .

action du gel (voir *gélivation*)

[1]Nota : Les termes en italique sont définis.

affaiblissement dû au dégel (voir aussi *gélivation)*

[thaw weakening]

Réduction de la résistance au cisaillement résultant de la diminution de la contrainte effective provoquée par des pressions interstitielles en excès qui se dissipent lorsque les sols gelés contenant de la glace dégèlent.

REMARQUE : L'affaiblissement dû au dégel, bien que généralement utilisé dans le contexte du dégel du *gélisol saisonnier* lorsque les *lentilles de glace* et la *glace interstitielle* fondent, concerne également le dégel des gélisols pérennes. Les effets habituels de l'affaiblissement dû au dégel sont une diminution importante de la capacité portante et une augmentation de l'instabilité des sols, notamment dans les remblais routiers, les talus naturels, etc.

SOURCE : Johnston, 1981.

aiguille de glace

[ice, needle]

Cristaux de glace, longs et minces, se formant perpendiculairement à la surface du sol (fig. 10g).

REMARQUE : Les aiguilles de glace se forment au cours de nuits caractérisées par un refroidissement radiatif intense causant une *ségrégation de la glace* dans la couche superficielle du sol. Les aiguilles peuvent se former sous des cailloux, des pédiments, de la mousse ou d'autres types de végétation basse et, en particulier, dans les régions alpines de climat tempéré maritime où l'on trouve des sols silteux ou organiques. Les aiguilles de glace peuvent aussi se former sur les pyroclastes poreux à grain grossier, que l'on trouve notamment en Colombie-Britannique et en Islande. Le terme suédois « pipkrake » est parfois utilisé pour décrire cette formation.

SYNONYMES : pipkrake, glace d'exsudation.

SOURCES : Krumme, 1935 ; Tricart et Cailleux, 1967 ; Mackay et Mathews, 1974 ; Pissart, 1976 ; Washburn, 1979.

alass (voir aussi *thermokarst*)

[alas ; alass]

Dépression, formée en *modelé de thermokarst*, résultant du dégel de grandes étendues de pergélisol très épais et à haute teneur en glace.

REMARQUE : Les alass sont de grandes dépressions pouvant couvrir de 0,5 à plus de 100 km² de superficie et mesurer de 5 à 20 m de profondeur. Au cours des premiers stades de formation, un lac circulaire peu profond occupe la dépression à flancs abrupts. L'élargissement et le drainage ultime d'un certain nombre de ces lacs produisent, entre les alass, des plateaux bas (appelés « mezhalasye » en russe). Les pentes soumises à des *mouvements de masse* s'adoucissent, entraînant la disparition des plateaux. Ce terme est d'origine iakoute.

SOURCES : Czudek et Demek, 1970 ; Journeaux et Dresch, 1972 ; Soloviev, 1973.

altération due au gel (voir aussi *gélivation; gélifraction*)
[frost weathering]
Désagrégation et fragmentation des roches par l'action combinée de la *gélifraction* et de la fragmentation par hydratation.

REMARQUE : La fragmentation par hydratation est le processus de détachement intergranulaire et de désagrégation des roches par la pression qu'exercent sur la surface des silicates, les pellicules d'eau d'épaisseur variable. L'eau est attirée par diverses forces agissant à la surface des particules vers les espaces intergranulaires où elle exerce une pression différentielle suffisante pour détacher et séparer les grains. Ce processus peut se produire sous tous les climats sans l'aide du gel et du dégel. Toutefois, lorsqu'il est combiné à l'action du gel et du dégel (*gélifraction*), il peut constituer un mécanisme très efficace de fragmentation des roches.

SOURCES : Lautridou, 1971 ; White, 1976a ; Washburn, 1979.

aquiclude cryogénique
[cryogenic aquiclude]
Couche de terrain qui, une fois gelée, est suffisamment imperméable pour que l'aquifère sous-jacent soit captif.

REMARQUE : Le gel annuel peut transformer le *mollisol* en aquiclude cryogénique.

SOURCE : Fotiev, 1978.

aufeis (à éviter ; voir *glaçage*)

B

baidjarakh (à éviter ; voir *butte de thermokarst*)

base du pergélisol (voir aussi *plafond du pergélisol*)
[permafrost base]
Surface limite inférieure du pergélisol au-dessus de laquelle les températures se maintiennent en bas de 0 °C (cryotiques) et au-dessous de laquelle les températures demeurent supérieures à O °C (non cryotiques) (fig. 2 et 4).

SYNONYME : plancher du pergélisol.

SOURCE : Hamelin et Cook, 1967.

bulbe de dégel (voir aussi *bulbe de gel; cuvette de dégel*)

[thaw bulb]

Zone de dégel plus ou moins symétrique située dans le pergélisol et entourant un ouvrage (fig. 23).

REMARQUE : Comme la construction et l'exploitation des ouvrages affectent souvent le *régime thermique du sol*, leur conception technique doit tenir compte autant que possible de la formation, sous les ouvrages, d'un bulbe de dégel, afin d'en limiter les effets. Sous les bâtiments par exemple, le bulbe de dégel est souvent de forme presque symétrique et de petite dimension. Sous les installations ou ouvrages linéaires aménagés dans les zones pergélisolées, tels les remblais routiers ou les pipelines souterrains réchauffés, le bulbe de dégel peut accompagner l'ouvrage sur toute sa longueur. Le tassement du sol et de la structure ou de l'installation peut survenir pendant la formation du bulbe de dégel.

Un bulbe de dégel peut aussi se former lorsqu'une structure ou une installation autour de laquelle s'est formé un ***bulbe de gel*** est laissée à l'abandon et lorsque la température du sol n'est plus maintenue au-dessous de 0 °C.

SOURCES : Andersland et Anderson, 1978 ; Johnston, 1981.

bulbe de gel (voir aussi *bulbe de dégel*)

[frost bulb]

Zone plus ou moins symétrique de *gélisol* formée autour d'un pipeline souterrain refroidi ou encore sous un ouvrage ou autour d'un ouvrage dont la température est maintenue au dessous de 0 °C (fig. 23).

REMARQUE : Le soulèvement du sol, d'un ouvrage ou d'une installation peut résulter de la formation d'un bulbe de gel.

SOURCES : Andersland et Anderson, 1978 ; Johnston, 1981.

butte cryogène (voir aussi *palse; sol structuré*)

[frost mound]

Tout monticule produit par l'effet combiné de l'engel du sol et du mouvement de l'eau souterraine ou de la migration de l'eau dans le sol.

REMARQUE : Les divers types de buttes (p. ex. *buttes saisonnières à noyau de glace, dômes de glaçage, palses* et *pingos*) se distinguent par leur structure, par la durée et par la nature de la glace qu'elles contiennent.

SOURCES : Porsild, 1938 ; Muller, 1943 ; Lagarec, 1973 ; van Everdingen, 1978 ; Payette et Séguin, 1979 ; Pollard et French, 1984 ; Séguin et Allard, 1984.

butte de glaçage (voir aussi *dôme de glaçage*)
[icing mound]
Butte cryogène saisonnière composée exclusivement de glace finement stratifiée, formée par congélation d'écoulements successifs d'eau provenant du sol ou faillissant en surface de la glace d'un cours d'eau (fig. 13).

REMARQUE : Les buttes de glaçage peuvent contenir de la neige.
SOURCES : Muller, 1943; van Everdingen, 1978.

butte de terre (voir aussi *butte gazonnée; thufur*)
[hummock, earth]
Petite butte dépourvue de végétation comportant un noyau de sol silteux et argileux et ayant subi les effets de la *géliturbation* (fig. 20a, b).

REMARQUE : Les buttes de terre sont un type de cercles sans triage (voir aussi *sol structuré*) que l'on trouve habituellement dans la zone de *pergélisol continu*. Elles se forment dans des matériaux ayant une teneur élevée en silt et en argile. Les buttes de terre qui se trouvent à l'extérieur de la zone de pergélisol actuel se sont probablement formées à une période antérieure lorsque le climat était plus froid et que le sous-sol de la zone en question était pergélisolé.
SOURCES : Hamelin et Cailleux, 1969; Tarnocai et Zoltai, 1978; Washburn, 1979.

butte de thermokarst (voir aussi *thermokarst*)
[mound, thermokarst]
Butte résultant de la fonte des coins de glace d'un sol polygonal (fig. 22e).

REMARQUE : Les buttes de thermokarst se présentent en groupe formant à la surface du sol un réseau caractéristique composé de monticules de forme régulière séparés par des sillons qui ont été créés par la fusion des *coins de glace*.
SYNONYME : (à éviter) baidjarakh.
SOURCES : Péwé, 1954; Brown, 1967a; Journeaux et Dresch, 1972; French, 1975.

butte gazonnée (voir aussi *butte de terre; thufur*)
[hummock, turf]
Petite butte recouverte de végétation et composée de matériaux organiques avec ou sans noyau de sol minéral ou pierreux (fig. 20c).

SOURCES : Raup, 1966; Washburn, 1979.

butte saisonnière à noyau de glace (voir aussi *dôme de glaçage; pingo en système ouvert*)

[frost blister]

Butte cryogène temporaire résultant du bombement d'un *gélisol saisonnier* sous potentiel hydraulique élevé par accumulation souterraine d'eau au cours de l'*engel* du mollisol (fig. 12 et 13).

REMARQUE : L'engel de l'eau souterraine accumulée produit une couche bombée de glace pure sous le *gélisol*. Les buttes saisonnières à noyau de glace se forment au cours d'un seul hiver; la glace, cependant, peut nécessiter plus d'un an pour fondre. Elles se distinguent des dômes de glaçage par la couche de gélisol temporaire qui les recouvre.

SOURCES : Muller, 1943; van Everdingen, 1978; Pollard et French, 1984.

C

capacité calorifique apparente (voir *propriétés thermiques du gélisol*)

cercle avec triage (voir *sol structuré*)

cercle de pierres (voir *sol structuré*)

cercle sans triage (voir *sol structuré*)

champ de blocailles (voir *champ de blocs*)

champ de blocs

[block field]

Couche superficielle de pierres ou de blocs mise en place au cours d'une période périglaciaire récente ou au cours du Pléistocène, ou même avant.

SYNONYMES : champ de pierres, champ de blocailles, champ de cailloux, felsenmeer (à éviter), mer de pierres.

SOURCES : Pissart, 1966; French, 1976; Dionne, 1978a; Washburn, 1979.

champ de cailloux (voir *champ de blocs*)

champ de pierres (voir *champ de blocs*)

chenal en chapelet (voir *cours d'eau en chapelet*)

cicatrice d'affaissement (voir aussi *modelé de thermokarst; palse*)
[collapse scar]
Forme observée dans une *tourbière* et résultant de la fonte partielle ou totale d'une *palse* ou d'un *plateau palsique* suivie d'un affaissement du sol jusqu'au niveau de l'ensemble de la *tourbière* (fig. 14 et 15e).

REMARQUE : Une cicatrice d'affaissement n'est pas une dépression et sa végétation est différente de celle du milieu humide non préalablement pergélisolé. Le relief de la tourbière peut être irrégulier dans l'ensemble (*modelé de thermokarst*) ; toutefois, les cicatrices d'affaissement ne constituent que l'un des éléments de ce *modelé de thermokarst* caractérisé par l'absence de pergélisol et par une végétation différente de celle des tourbières non gelées et des formes palsiques contenant un pergélisol résiduel.
SOURCES : Hamelin et Cailleux, 1969 ; Zoltai, 1971 ; Pissart et Gangloff, 1984.

climafrost (à éviter ; voir *pergélisol* ; voir aussi *pérélétok*)

coefficient de consolidation au dégel (voir aussi *consolidation due au dégel; tassement dû au dégel*)
[thaw consolidation ratio]
Rapport sans dimension du taux de dégel au taux de consolidation du sol en train de dégeler. On considère qu'il représente une mesure des vitesses relatives de production et d'expulsion des fluides interstitiels en excès au cours du dégel.

REMARQUE : Selon Morgenstern et Nixon (1971), l'obtention d'une valeur supérieure à l'unité de ce rapport permet de prédire un danger d'apparition de fortes pressions interstitielles maintenues au *front de dégel* et, par conséquent, d'une instabilité du sol provoquée par la réduction de la résistance au cisaillement sur cette surface.
SOURCES : Morgenstern et Nixon, 1971 ; Johnston, 1981.

coin de glace (voir aussi *coin de sable; coin de sol; glace de fente en coin; fente en coin à remplissage composé*)
[ice wedge]
Amas de glace, généralement en forme de coin dont l'apex pointe vers le bas ; la glace est feuilletée ou litée dans le sens vertical et elle est généralement blanche (fig. 17).

REMARQUE : La largeur des coins de glace près de la surface varie de moins de 10 cm à plus de 3 m, s'amenuisant vers le bas en une pointe pouvant atteindre de un à plus de 10 m de profondeur. Certains coins de glace peuvent atteindre une profondeur de plus de 25 m et adopter une forme différente de celle d'un coin. Les coins de glace épigénétiques ont une forme en coin typique tandis que les coins de glace

syngénétiques ont une forme irrégulière (voir aussi *pergélisol épigénétique, pergélisol syngénétique*).

Les coins de glace se forment dans des *fentes de contraction thermique* dans lesquelles se forme du givre (voir *glace de cavité ouverte*) et dans lesquelles pénètre l'eau de fusion de la neige au printemps. La fissuration par contraction répétée pendant plusieurs années de la glace contenue dans la fente, suivie de la congélation de l'eau s'introduisant dans cette fente, contribue à élargir et à approfondir la fente en coin, d'où la stratification verticale de la masse de glace. En surface, les coins de glace forment en général un réseau de *polygones*. Les coins de glace résultant d'une fissuration hivernale répétée (mais pas nécessairement annuelle) sont appelés «coins de glace actifs». Ils se forment principalement dans les régions à pergélisol continu, composé de sol minéral. Les «coins de glace inactifs» peuvent demeurer stables pendant des centaines d'années sans subir de modifications.

SOURCES : Dostovalov et Popov, 1966; Lachenbruch, 1966; Hamelin et Cook, 1967; Pissart, 1970; Mackay et Black, 1973; French 1976; Washburn, 1979; French et coll., 1982; Mackay et Matthews, 1983.

coin de glace actif (voir *coin de glace*)

coin de glace épigénétique (voir *coin de glace*)

coin de glace fossile (à éviter; voir *fente en coin fossile*)

coin de glace inactif (voir *coin de glace*)

coin de glace syngénétique (voir *coin de glace)*

coin de sable (voir aussi *fente en coin à remplissage composé; coin de glace; fente en coin fossile; coin de sol; fente de contraction thermique*)

[sand wedge]

Masse de sable en forme de coin occupant une *fente de contraction thermique* et résultant d'un remplissage de sable par le vent ou par lessivage des parois de la fente (fig. 17h).

REMARQUE : Un coin de sable peut être considéré comme un coin de remplissage primaire; il ne résulte pas du remplissage de l'espace libéré par un *coin de glace* fondue. Il s'agit d'un type de *coin de sol* à structures et à laminations verticales marquées.

SOURCES : Berg et Black, 1966; Pissart, 1967; Black, 1976; Dionne, 1976; Washburn, 1979; Mackay et Matthews, 1983.

coin de sol (voir aussi *coin de glace; fente en coin à remplissage composé; fente en coin fossile; coin de sable; fente de contraction thermique*)

[soil wedge]

Masse de sol en forme de coin dont la structure et la texture sont différentes du sol encaissant (fig. 17g).

REMARQUE : Par coin de sol, on désigne une *fente en coin fossile* (une fente à remplissage secondaire) ou un *coin de sable* (fente en coin à remplissage primaire) ou un remplissage de fente de gel résultant de la gélicontraction répétée d'un *gélisol saisonnier*. Il est habituellement difficile de faire la distinction entre les coins de sol dans le mollisol, le sol occupant les fissures d'un *gélisol saisonnier* (c'est-à-dire un environnement non pergélisolé), le sol de remplissage initial de fentes formées dans le pergélisol et le sol de remplacement des *coins de glace*.
SOURCES : Pissart, 1968; Jahn, 1975; Black, 1976; Washburn, 1979.

conductance (voir *propriétés électriques du gélisol*)

cône de solifluxion (voir *formes dues à la solifluxion*)

congélation adhérente (voir aussi *résistance de la congélation adhérente*)

[adfreeze/adfreezing]

Processus de cimentation de deux objets par la glace qui s'est formée entre eux au cours de la congélation de l'eau.

REMARQUE : L'un de ces deux objets peut être la glace elle-même.
SOURCE : Muller, 1943.

congélation du sol

[ground freezing, artificial]

Procédé visant à geler le sol ou à le conserver gelé par des moyens artificiels.

REMARQUE : La congélation peut être réalisée ou maintenue en créant un mouvement de convection naturel d'air, de gaz ou de liquide (p. ex. dans des conduites d'aération, des *pieux thermiques*, des *thermosiphons*) ou par circulation forcée (mécanique) d'air froid ou d'un frigorigène dans un système de conduites ou de tuyaux de congélation dans le sol.
SOURCES : Jumikis, 1977; Johnston, 1981.

congélifraction (à éviter; voir *gélifraction*)

congéliturbation (à éviter; voir *géliturbation*)

consolidation due au dégel (voir aussi *coefficient de consolidation au dégel; contrainte résiduelle; tassement dû au dégel*)

[thaw consolidation]

Compression différée résultant du dégel du *gélisol* et du drainage consécutif de l'*eau interstitielle*.

REMARQUE : Si, au cours du dégel, l'écoulement de l'eau provenant du sol dégelé n'est pas entravé, le taux de tassement en fonction du temps dépend alors uniquement de la position du *front de dégel*. Si le sol dégelé n'est pas suffisamment perméable et que l'écoulement est entravé, le taux de tassement en fonction du temps dépend aussi de la compressibilité et de la perméabilité du *sol dégelé*.

S'il s'agit d'un sol à grain fin et si la vitesse de dégel est suffisamment rapide, l'eau est libérée à une vitesse supérieure à celle à laquelle elle peut se drainer, ce qui entraîne des pressions interstitielles supérieures aux pressions hydrostatiques. Ces pressions interstitielles peuvent causer de graves problèmes d'instabilité des versants et des sols de fondation.

Les données recueillies indiquent que les pressions interstitielles en excès et le degré de consolidation des sols en train de dégeler dépendent principalement du *coefficient de consolidation au dégel*.

SOURCES : Morgenstern et Nixon, 1971 ; Andersland et Anderson, 1978 ; Johnston, 1981.

constante diélectrique (voir *propriétés électriques du gélisol*)

construction dans le pergélisol, méthodes de

[construction methods in permafrost]

Méthodes spéciales de conception et de construction qu'il faut utiliser dans les travaux d'ingénierie en milieu pergélisolé.

REMARQUE : La conception et la construction d'ouvrages dans un pergélisol reposent sur un principe général qui consiste à déterminer d'abord si le sol ou la roche de fondation gelés demeurent stables ou non une fois dégelés (*pergélisol sensible au dégel*).

Lorsque les matériaux de fondation demeurent stables au dégel, les méthodes de conception et de construction classiques peuvent être employées. Cependant, lorsque les matériaux de fondation sont sensibles au dégel, il faut habituellement choisir l'une des deux méthodes de construction possibles, soit la méthode « passive », soit la méthode « active ».

La méthode « passive » consiste à maintenir gelés les matériaux de fondation. Pour ce faire, ou même pour favoriser l'*accroissement du pergélisol*, on peut utiliser des *pieux thermiques* ou des *thermosiphons* ou recourir à une technique appropriée d'aération ou d'isolation ; souvent, ces techniques sont combinées.

La technique d'aération consiste à laisser une couche d'air entre la base de l'ouvrage et le sol ; l'ouvrage peut également être construit sur un remblai, ce dernier ou le plancher de l'ouvrage étant traversés par des conduites d'aération. La circulation d'air froid dans cette couche

d'air ou dans les conduites pour [illegible] la chaleur [illegible] l'ouvrage et du sol.

La technique d'isolation consiste à [illegible] sur le sol [illegible] relativement épais (contenant parfois [illegible]) afin de prévenir le dégel ou de limiter la profondeur [illegible] sol original.

Lorsqu'il est impossible d'empêcher le dégel [illegible] il faut recourir à la méthode « active » qui consiste, [illegible] dégeler et compacter les matériaux de fondation [illegible] mélanger à des matériaux plus stables avant de procéder à la construction de l'ouvrage. Sinon, la fondation et la structure de ouvrages doivent être conçues pour faire face aux éventuels [illegible] *dus au dégel*.

SOURCES : Andersland et Anderson, 1978 ; Linell et Lobacz, [illegible] Johnston, 1981.

contrainte résiduelle (voir aussi *consolidation due au dégel*)
[residual stress]

Contrainte effective provoquée par le dégel d'un sol lorsque aucun changement de volume ne se produit pendant ce dégel.

SOURCES : Morgenstern et Nixon, 1971 ; Nixon et Morgenstern, 1973.

couche active (voir *mollisol*)

couche dégelée résiduelle (voir aussi *mollisol; talik*)
[residual thaw layer]

Couche de *sol dégelé* située entre le *gélisol saisonnier* et le *plafond du pergélisol* (fig. 4).

REMARQUE : Cette couche peut résulter d'un abaissement du *plafond du pergélisol* ou du regel incomplet du *mollisol* au cours d'un hiver doux succédant à un été très chaud, ou d'un hiver pendant lequel est tombée une chute de neige inhabituellement abondante (fournissant une épaisse couche isolante à la surface du sol) avant les grands froids. Cette couche peut durer pendant une ou plusieurs années, ou encore, elle peut devenir permanente si le pergélisol régresse par suite d'un réchauffement climatique ou de changements dans les conditions du terrain attribuables à des causes naturelles ou anthropiques. Il ne se forme pas de couche dégelée résiduelle lorsque le gel saisonnier atteint le *plafond du pergélisol*.

SOURCE : Linell et Kaplar, 1966.

cours d'eau en chapelet

[beaded stream]

Cours d'eau caractérisé par des tronçons étroits reliant des mares ou de petits lacs (fig. 22a).

REMARQUE : Cette configuration caractérise les petits cours d'eau situés dans des terrains contenant des *coins de glace*. La direction du cours d'eau dépend de la disposition des coins, les mares se formant aux noeuds d'un réseau de fentes en coin. Lorsque les tronçons sont à sec, on peut utiliser la dénomination «chenal en chapelet».

SOURCES : Péwé, 1954 ; Hopkins et coll., 1955 ; Ferrians et coll., 1969 ; Brown, 1970b ; Lawson et Brown, 1978 ; Dionne, 1978b.

cryergie (voir *gélivation*)

cryofront (voir aussi *front de gel*)

[cryofront]

Limite entre le *sol cryotique* et le *sol non cryotique*, telle qu'indiquée par la position de l'isotherme 0 °C dans le sol (fig. 4 et 5).

REMARQUE : La *base du pergélisol* et la ligne de démarcation entre les parties non cryotique et cryotique du *mollisol* constituent les cryofronts. Par suite d'un *abaissement du point de congélation*, le *front de gel* se situe habituellement à une hauteur légèrement supérieure au cryofront lorsqu'ils descendent en profondeur lors du gel annuel du *mollisol*.

SOURCE : van Everdingen, 1976.

cryogenèse

[cryogenesis]

Ensemble des processus thermophysiques, physico-chimiques et physico-mécaniques qui se produisent dans les matériaux qui gèlent, qui sont gelés et qui dégèlent.

REMARQUE : Cette notion est fréquemment utilisée par les auteurs soviétiques dans le contexte du pergélisol. La cryogenèse comporte des processus particuliers tels que la migration de l'eau au cours du gel et du dégel du sol, le soulèvement gélival, l'échange thermique et massique (humidité), le regel et la *gélifluxion*.

SOURCE : Poppe et Brown, 1976.

cryolithologie (voir aussi *géocryologie*)

[cryolithology]

Étude de la genèse, de la structure et de la lithologie des matériaux meubles dont la température est au-dessous de 0 °C.

REMARQUE : Terme d'origine russe dont l'usage n'est pas très répandu en Amérique du Nord. Cette branche de la *géocryologie* met l'accent sur l'étude des caractéristiques lithologiques et de la glace du sol.

cryopédologie (voir aussi *géocryologie; cryosol*)
[cryopedology]
Étude des sols (au sens pédologique) soumis au gel, en particulier ceux soumis à l'action intensive du gel et des sols formés sur du pergélisol.

REMARQUE : Dans sa définition originale (Bryan, 1946), ce terme englobait toute la *géocryologie*, notamment les méthodes utilisées en génie civil pour venir à bout des problèmes causés par l'action du gel-dégel et la présence de pergélisol.

SOURCES : Bryan, 1946; Commission canadienne de pédologie, 1978.

cryopeg (voir aussi *pergélisol salin; talik*)
[cryopeg]
Couche de *sol non gelé* et cryotique en permanence dont l'*abaissement du point de congélation* est dû à la teneur en matières solides dissoutes de l'*eau interstitielle* (fig. 2, 4 et 11).

REMARQUE : On distingue trois types de cryopegs en fonction de leur position dans le pergélisol :

1. un cryopeg basal formant la base du pergélisol;
2. un cryopeg isolé complètement entouré de gélisol pérenne;
3. un cryopeg marin que l'on trouve dans les gélisols pérennes littoraux ou sous-marins.

SOURCE : Tolstikhin et Tolstikhin, 1974.

cryopeg basal (voir *cryopeg*)

cryopeg isolé (voir *cryopeg*)

cryopeg marin (voir *cryopeg*)

cryosol (voir aussi *cryopédologie; géliturbation; géocryologie; microstructure cryogénique*)
[cryosol]
Sol formé dans des matériaux minéraux ou organiques recouvrant un pergélisol situé à moins de 1 m de la surface ou, si le sol est très géliturbé, à moins de 2 m de la surface, et dont la température annuelle moyenne est au-dessous de 0 °C.

REMARQUE : Terme de pédologie désignant un ordre de sols. Les sols cryosoliques sont divisés en trois groupes :

1. les cryosols turbiques formés sur des sols minéraux et fortement géliturbés;
2. les cryosols statiques formés sur des sols minéraux peu ou pas géliturbés;
3. les cryosols organiques formés sur des matériaux organiques (tourbe).

SOURCE : Commission canadienne de pédologie, 1978.

cryosol organique (voir *cryosol*)

cryosol statique (voir *cryosol*)

cryosol turbique (voir *cryosol*)

cryosphère (voir aussi *région pergélisolée*)
[cryosphere]
Partie de la croûte terrestre et de l'atmosphère soumise à des températures au-dessous de 0 °C pendant au moins une partie de l'année.
REMARQUE : La cryosphère comprend une «cryoatmosphère», une «cryohydrosphère» et une «cryolithosphère». Certains experts excluent de cette notion l'atmosphère de la Terre, d'autres restreignent le terme «cryosphère» aux régions pergélisolées de la croûte terrestre.
SOURCE : Baranov, 1978.

cryostructure (voir aussi *cryotexture; gélisol, glace interstitielle, pergélisol cimenté par la glace*)
[cryostructure]
Caractéristiques structurales des matériaux gelés à grain fin (fig. 9).
REMARQUES : La cryostructure se caractérise par la quantité et la répartition de la glace interstitielle (ou ciment-glace) et des lentilles de *glace de ségrégation*. Le type de glace et sa disposition dans le matériau gelé dépendent dans une large mesure de la teneur en eau initiale du matériau et de la migration de l'eau au cours du gel subséquent.
Aux fins techniques, la structure du sol gelé peut être qualifiée de «massive», «stratifiée» ou «réticulée», selon le type de glace et la répartition de celle-ci dans le sol. Une structure massive (à ne pas confondre avec la *glace massive*) se caractérise par la prédominance de *glace interstitielle* et par une *teneur en glace* totale relativement faible. Dans les sols à structure réticulée, les *lentilles de glace* forment en général un réseau aléatoire tandis que dans les structures stratifiées, elles présentent une orientation horizontale qui alterne avec des couches de sol à structure massive. Dans les deux cas, la *teneur en glace* totale est relativement élevée.
SOURCES : U.R.S.S., 1969, 1973; Poppe et Brown, 1976; Kudryavtsev, 1978.

cryosuccion (voir aussi *gélivation*)
[cryosuction]
Succion résultant de la congélation.
SOURCE : Blanchard et Frémond, 1982.

cryotexture (voir aussi *cryostructure*)
[cryotexture]
Caractéristiques texturales des matériaux meubles de natures organique et minérale, à grain fin et cimentés par la glace.
REMARQUE : Les spécialistes soviétiques du pergélisol distinguent 10 types de «textures cryogéniques» ou cryotextures : massive, massive-poreuse, basale, basale-stratifiée, crustaliforme, massive-agglomérée,

lenticulaire, réticulaire, stratifiée et à réseau géant. Les cryotextures peuvent aider à déterminer la nature du processus de gel et les conditions qui ont favorisé l'accumulation des sédiments.
SOURCES : Poppe et Brown, 1976; Kudryavtsev, 1978.

cryotique (voir *sol cryotique*)

cuvette de dégel (voir aussi *talik; bulbe de dégel; doline de dégel; lac de thermokarst*)

[thaw basin]

Dépression dans le *plafond du pergélisol* due à un dégel d'origine naturelle.

REMARQUE : Dans les *régions pergélisolées*, on trouve des cuvettes de dégel sous certaines nappes d'eau comme les lacs ou cours d'eau dont l'eau ne gèle pas jusqu'au fond en hiver. Elles peuvent être à la fois très profondes (de quelques mètres à plus de 100 m), très étendues (de plusieurs dizaines de m à plus de 2 km); en outre, leur forme est souvent irrégulière. Leur profondeur, leur superficie et leur forme dépendent de la dimension de la nappe d'eau, du type et des propriétés de la formation meuble sous-jacente et de la présence de *glace de sol* et d'eau souterraine.
SYNONYME : talik fermé.

D

déformation due au dégel (voir aussi *consolidation due au dégel; tassement dû au dégel*)

[thaw strain]

Quantité de compression d'un *gélisol* au dégel.

REMARQUE : La déformation due au dégel est égale au *tassement dû au dégel* divisé par l'épaisseur originale du *gélisol* qui a dégelé. Lorsque le gel et le dégel du sol ont lieu dans un système fermé, la déformation due au dégel est entièrement attribuable à la contraction volumique de 9 % liée à la fonte de la glace, parce qu'il n'y a pas de drainage.

dégel (du *gélisol*)

[thawing (of frozen ground)]

Fonte de la glace contenue dans le *gélisol*, par suite d'une hausse de température.

dégel hydraulique

[hydraulic thawing]

Dégel et élimination du *gélisol* par l'utilisation d'un courant ou jet d'eau à pression élevée.

REMARQUE : Le dégel hydraulique est une méthode couramment employée en Amérique du Nord dans l'exploitation des gîtes alluvionnaires gelés.

degré de saturation (du *gélisol*)

[degree of saturation (of frozen ground)]

1. Le degré de saturation totale du sol gelé est le rapport entre le volume de la glace et de l'eau non gelée contenues dans les pores du sol d'une part et le volume des pores d'autre part.
2. Le degré de saturation en glace est le rapport du volume de la glace contenue dans les pores du sol gelé au volume des pores.

REMARQUE : Aucune de ces deux définitions ne correspond à celle utilisée en mécanique des sols où le degré de saturation est défini comme le rapport du volume de l'eau dans un sol au volume des pores.

degré-jour (voir aussi *indice de gel; indice de dégel*)

[degree-day]

Degré d'écart entre la température moyenne d'une journée et une température de référence donnée.

REMARQUE : L'*indice de gel* et *l'indice de dégel* sont exprimés en degrés-jours par rapport à la température de référence de 0 °C (32 °F); les unités sont exprimées en degrés-jours Celsius ou en degrés-jours Fahrenheit.

SOURCE : Conseil international de la langue française, 1978; Boyd, 1979.

densité du gélisol

[density of frozen ground]

Masse d'une unité de volume de sol ou de roche gelé.

désert de gélivation (voir *toundra*)

doline de dégel (voir aussi *thermokarst*)

[thaw sink]

Cuvette de dégel fermée à drainage souterrain.

SOURCES : Wallace, 1948; Hopkins, 1949.

dôme de glaçage (voir aussi *butte de glaçage; butte saisonnière à noyau de glace*)

[icing blister]

Butte de glace temporaire, composée exclusivement de glace et résultant en partie du soulèvement d'une ou plusieurs couches d'un glaçage par injection d'eau (fig. 12 et 13).

REMARQUE : La congélation de l'eau d'injection produit une couche de glace pure, contrastant avec la glace finement litée sus-jacente du glaçage. La rupture et le drainage d'un dôme de glaçage peuvent laisser une cavité. Les dômes de glaçage se distinguent des *buttes saisonnières à noyau de glace* du fait qu'ils ne sont pas recouverts de *gélisol saisonnier*; ils se distinguent des *buttes de glaçage* par la présence d'une couche de glace pure et, dans certains cas, d'une cavité vide.

SOURCE : van Everdingen, 1978.

E

eau de subpergélisol (voir aussi *eau d'intrapergélisol; eau de suprapergélisol*)

[subpermafrost water]

Eau contenue dans le *sol non cryotique* située sous le pergélisol (fig. 11).

REMARQUE : Ce terme n'inclut pas l'eau contenue dans les cryopegs basaux, c'est-à-dire dans les zones non gelées qui peuvent se trouver dans la partie inférieure du pergélisol (voir *eau d'intrapergélisol*).

SOURCES : Williams, 1965, 1970; Tolstikhin et Tolstikhin, 1974.

eau de suprapergélisol (voir aussi *mollisol; eau d'intrapergélisol; eau de subpergélisol*)

[suprapermafrost water]

Eau contenue dans les zones non gelées (*taliks*) situées au-dessus du gélisol pérenne (fig. 11).

REMARQUE : L'eau de suprapergélisol est contenue dans le *mollisol*, entre le *mollisol* et le *plafond du pergélisol*, et dans les *taliks* sous-jacents aux cours d'eau et aux lacs. Elle provient des infiltrations d'eau de pluie, d'eau de fonte nivale ou d'eau de ruissellement ou par l'eau d'*intra-* ou de *subpergélisol* traversant les *taliks* ouverts. Une grande partie de l'eau de suprapergélisol contenue dans le *mollisol* peut geler en hiver; le reste peut se trouver temporairement captif et être soumis à une pression croissante au cours du gel progressif du *mollisol* (voir *aquiclude cryogénique*).

SOURCES : Williams, 1965, 1970; Tolstikhin et Tolstikhin, 1974.

eau d'intrapergélisol (voir aussi *eau de subpergélisol; eau de suprapergélisol*)

[intrapermafrost water]

Eau contenue dans les *taliks* et les *cryopegs* (fig. 11).

REMARQUE : L'eau d'intrapergélisol comprend l'eau des *taliks* ouverts, latéraux et transitoires et des *cryopegs* basaux, isolés et marins.

SOURCES : Williams, 1965, 1970; Tolstikhin et Tolstikhin, 1974.

eau interstitielle (voir aussi *glace interstitielle; abaissement du point de congélation; teneur en eau non gélee*)

[water, pore]

Eau occupant les pores du sol et des roches.

REMARQUE : L'eau interstitielle comprend l'eau libre et l'eau d'interface (adsorbée).

L'eau libre est la partie de l'eau interstitielle qui se déplace par gravité entre les pores reliés entre eux. La température à laquelle l'eau libre change de phase dépend principalement de sa teneur en matières solides dissoutes qui peut abaisser le point de congélation. À noter que le terme «eau libre» comprend l'eau contenue dans les fissures, les vides

de dissolution et autres ouvertures du sol ou des roches.

L'eau d'interface forme des couches de transition aux interfaces minéral-eau et minéral-eau-glace. Les forces intermoléculaires qui entrent en jeu sont telles que cette eau ne se déplace pas, même sous l'influence de la gravité. La température à laquelle toute portion de l'eau d'interface change de phase dépend de l'énergie totale des diverses forces d'adsorption qui à leur tour dépendent de la distance entre la surface minérale et les molécules d'eau, du type de minéral en cause et de la teneur en matières dissoutes de l'eau.

SOURCE : Anderson et Morgenstern, 1973.

eau libre (voir *eau interstitielle*)

éjection gélivale

[frost jacking]

Éjection cumulative d'objets enfoncés dans le sol, par suite de la *gélivation*.

REMARQUE : L'éjection gélivale résulte des pressions basales ou verticales causées par l'engel et poussant vers le haut une fondation, un ouvrage ou un objet ; elle peut également être provoquée par l'adhérence du sol par congélation aux parois d'une fondation, d'un ouvrage ou d'un objet. Le mouvement ascendant cumulatif du sol peut, après une certaine période (une ou plusieurs saisons de gel), causer l'éjection hors du sol de la fondation ou de l'objet.

Il n'est pas rare que des piquets de clôture et des poteaux ou pylones destinés aux services publics subissent les effets de ce phénomène ; de plus, certaines des fondations profondes (pieux) et des fondations de surface utilisées pour construire des ponts, des quais, des immeubles non chauffés ou légers ont été gravement touchées par l'éjection gélivale.

Des blocs de roche en place, fissurés ou fracturés, ont aussi subi un déplacement ascendant par éjection gélivale.

SOURCE : Linell et Lobacz, 1980.

engel (du sol)

[freezing (of ground)]

Passage de la phase liquide à la phase solide de l'eau contenue dans le sol (ou dans la roche).

REMARQUE : La température à laquelle le sol commence à geler peut être inférieure à 0 °C par suite d'un *abaissement du point de congélation*.

engel en système fermé

[freezing, closed-system]

Engel se produisant dans des conditions qui empêchent l'entrée d'eau dans le système ou la sortie de l'eau qui s'y trouve déjà (fig. 7).

REMARQUE : L'engel se produisant dans un système complètement fermé, c'est-à-dire où il n'y a ni apport ni perte d'eau, est parfois appelé « engel in situ ». Le gel d'un sol saturé en système fermé entraîne une expansion égale à environ 9 % du volume interstitiel initial.

engel en système ouvert

[freezing, open-system]

Engel se produisant dans des conditions qui permettent l'arrivée ou l'expulsion d'eau dans le système par migration de l'*eau interstitielle* (fig. 7).

REMARQUE : Les effets de l'engel en système ouvert varient selon le type de matériau du sol. Si les matériaux sont propres et de granulométrie moyenne à grossière, une certaine quantité d'*eau interstitielle* est expulsée au-devant du *front de gel* (compensant l'augmentation de volume qui se produit au cours du changement de phase), réduisant ainsi le *soulèvement dû au gel*. Toutefois, si les matériaux sont fins, leur engel en système ouvert fait souvent migrer l'eau vers le *front de gel*, contribuant à la formation de *glace de ségrégation* et causant ainsi un *soulèvement dû au gel*.

engel in situ (voir *engel en système fermé*)

épaisseur du pergélisol

[permafrost thickness]

Distance verticale entre le *plafond du pergélisol* et la *base du pergélisol* (fig. 2 et 4).

érosion thermique

[thermal erosion]

Érosion d'un *pergélisol à haute teneur en glace* par l'action thermique et mécanique de l'eau courante.

REMARQUE : L'érosion thermique est un processus dynamique se traduisant par la désagrégation des matériaux de sol par des agents thermiques (fonte de la glace) et par des agents mécaniques (l'eau courante). L'érosion thermique n'intervient pas dans la formation des *modelés de thermokarst* qui est causée par la fonte de la glace suivie d'un affaissement du terrain sans qu'il y ait transport de matériaux meubles par l'eau. La formation d'une *niche d'érosion thermique* est un exemple d'effets thermiques et mécaniques combinés à l'eau courante.
SOURCES : Walker et Arnborg, 1966 ; Mackay, 1970 ; French, 1976 ; Are, 1978 ; Newbury et coll., 1978.

F

facteur n (voir aussi *indice de gel; indice de dégel*)
[n-factor]

Rapport de l'*indice de gel* ou de *dégel* de la surface du sol à l'*indice de gel* ou de *dégel* de l'air.

REMARQUE : À tout site, les températures de l'air (normales) sont rarement les mêmes que les températures de la surface (contact air-sol). Étant donné que l'on connaît habituellement les températures de l'air (mesurées aux stations météorologiques) mais non les températures de la surface du sol, on utilise le facteur n (coefficient déterminé empiriquement) pour établir un lien entre les températures de l'air et de la surface du sol et déterminer ainsi la condition de frontière thermique de la surface qui est particulièrement utile en génie.

La différence entre les températures de l'air et de la surface à une heure et à un endroit donnés dépend fortement des conditions climatiques et des conditions de la surface et de la subsurface, par exemple la latitude, la couverture nuageuse, l'heure du jour ou la saison de l'année, la vitesse du vent, le type de surface (humide, sèche, couverte de mousse, de neige, de végétation naturelle, de sol minéral, de revêtement de chaussée) et les propriétés thermiques du sol. Par conséquent, on peut s'attendre à ce que la température moyenne de la surface et le facteur n varient de façon significative d'une année à l'autre, même pour une surface et un endroit donnés. Cette constatation s'applique également à des sites, des surfaces et des types de sols différents.

Les valeurs des facteurs n de gel et de dégel ont été déterminées pour un grand nombre de sites et de surfaces et sont largement utilisées pour prédire les températures de surface et le *régime thermique du sol*. Les données variant beaucoup, il n'est donc pas possible de choisir pour un site particulier une valeur exacte de n à partir de ces données. Il est préférable de déterminer le facteur n de chaque site, mais il faut pour cela faire des observations simultanées des températures de l'air et de la surface pendant au moins une et, de préférence plusieurs, saisons complètes de gel et de dégel.

SOURCES : Carlson et Kersten, 1953; Lunardini, 1978, 1981.

felsenmeer (à éviter; voir *champ de blocs*)

fente de contraction thermique (voir aussi *coin de sable; coin de sol; fente de dilatation*)

[thermal contraction crack]

Fissure de traction résultant de contraintes thermiques qui s'exercent dans le *gélisol*.

REMARQUE : Les contraintes de traction causées par une diminution de la température du sol constituent probablement un facteur important de la fissuration par contraction thermique, mais il est habituellement difficile de prouver que la dessiccation n'a pas participé au processus.
SYNONYME : fente de gel.
SOURCES : Lachenbruch, 1962, 1966; Washburn, 1979.

fente de gel (voir *fente de contraction thermique*)

fente en coin à remplissage composé (voir aussi *coin de glace; fente en coin fossile; coin de sable; coin de sol*)

[composite wedge]

Fente en coin qui a fait l'objet d'un remplissage à la fois primaire et secondaire.

REMARQUE : Dans le contexte des phénomènes de *fente de contraction thermique* se produisant dans le pergélisol, ce terme désigne un coin rempli d'un mélange de glace et de sol (habituellement du sable). On l'utilise fréquemment à tort pour désigner les *coins de sable* et les *fentes en coin fossiles* datant du Pléistocène. On distingue les coins à remplissage de sable des coins à remplissage secondaire du fait qu'ils se sont remplis de sol minéral au moment de leur formation. Lors du dégel du pergélisol, la quantité de nouveaux matériaux pénétrant dans la fente en coin est négligeable. Les *fentes en coin fossiles* sont des fentes en coin à remplissage secondaire. En effet, au dégel du pergélisol, le *coin de glace* fond et cause la descente des sédiments sus-jacents et l'effondrement des parois de la cavité. Les fentes en coin à remplissage composé sont, quant à elles, remplies de matériaux de structure et de texture très semblables au sable contenu dans les fentes en coin typique de remplissage primaire (p. ex. les *coins de sable*). Toutefois, des matériaux provenant des parois fissurées peuvent s'y ajouter; de plus, il peut se produire une certaine déformation des sédiments en bordure du coin, reflétant la présence de glace dans le matériau de remplissage initial.
SOURCES : Black et Berg, 1966; Gozdzik, 1973; French, 1976; Washburn, 1979.

fente en coin fossile (voir aussi fente en coin à remplissage *composé; coin de sable; coin de sol*)

[ice-wedge cast]

Fente en coin dont l'espace anciennement occupé par un coin de glace s'est rempli de sédiments.

REMARQUE : Le terme «coin de glace fossile» n'est pas recommandé étant donné que la glace n'est plus présente. Une fente en coin fossile est l'un des quelques critères acceptables pour déterminer la présence antérieure de pergélisol.

SYNONYME : remplissage de coin de glace.

SOURCES : Hamelin et Cook, 1967; Washburn, 1979, 1980.

fissure de dilatation (voir aussi *fente de contraction thermique; glace de fissure de dilatation*)

[dilation crack]

Dans un matériau gelé, fissure de traction causée par l'étirement de sa surface qui bombe.

REMARQUE : Ce phénoméne se produit habituellement lors de la formation de *buttes cryogènes*.

flaque de terre (voir *ostiole*)

fluage du gélisol (voir aussi *reptation due au gel*)

[creep of frozen ground]

Déformation lente du sol résultant de l'application à long terme d'une contrainte trop faible pour produire une rupture du matériau gelé.

REMARQUE : Les principales causes de déformation du sol gelé sont le fluage de la *glace interstitielle* et la migration de l'*eau interstitielle* non gelée. Dans les sols gelés saturés de glace, la plupart des phénomènes de fluage se traduisent par des déformations accompagnées ou non de faibles changements de volume. Dans les sols gelés dont la *teneur en eau non gelée* est élevée ou dans les sols gelés non saturés, il peut également se produire des déformations lentes attribuables à la consolidation ainsi qu'un fluage volumique. En général, la déformation provoquée par le fluage est en grande partie permanente.

SOURCES : Vyalov, 1959; Ladanyi, 1972, 1981.

flux géothermique (voir *régime thermique du sol*)

fonte sous pression

[pressure-melting]

Abaissement du point de fusion de la glace par l'application d'une certaine pression.

REMARQUE : À une température donnée, la pression exercée sur des sols gelés fait augmenter légèrement leur *teneur en eau non gelée*. À cause des contraintes qui se concentrent aux contacts intergranulaires, la glace contenue dans les sols fond plus facilement, selon ce procédé, que la glace pure.

SOURCES : Anderson et Morgenstern, 1973 ; Glen, 1974.

forêt inclinée (voir *forêt ivre*)

forêt ivre

[drunken forest]

Forêt dans une région pergélisolée, dont les arbres sont inclinés au hasard.

REMARQUE : Terme descriptif désignant les arbres qui poussent habituellement dans des terrains à haute teneur en glace et qui subissent les effets répétés d'un soulèvement différentiel dû au gel ou d'un affaissement thermokarstique. On peut également observer ce phénomène sur les *glaciers rocheux* et boisés subissant encore des mouvements différentiels.

SYNONYMES : forêt inclinée ; forêt soûle.

SOURCES : Muller, 1943 ; Hamelin et Cook, 1967 ; Zoltai, 1975.

forêt soûle (voir *forêt ivre*)

formes dues à la solifluxion (voir aussi *sol structuré*)

[solifluction features]

Formes de relief (fig. 16d) d'échelle variable résultant de la *solifluxion*.

REMARQUE : Les formes typiques dues à la solifluxion sont les suivantes :

1. cône – dépôt en forme d'éventail à la base d'un versant ;
2. lobe – forme isolée en forme de langue, ouvant mesurer jusqu'à 25 m de largeur et plus de 150 m de longueur. Il résulte d'une *solifluxion* plus rapide dans certaines parties d'un versant dont la pente connaît des variations ; le front est habituellement abrupt (15°-60°), tandis que la partie supérieure est relativement douce. Les fronts recouverts d'un tapis végétal sont appelés « lobes à gradin gazonné » tandis que ceux qui sont caillouteux sont appelés « lobes à gradin caillouteux » ;

   SYNONYME : langue de solifluxion ;
3. nappe – large dépôt de matériaux non triés et saturés d'eau qui est en mouvement sur un versant ou dont le mouvement de descente est terminé. Des « traînées » accompagnent souvent les nappes de solifluxion ;

   SYNONYME : manteau de solifluxion ;

4. gradin – palier peu élevé comportant un front rectiligne ou lobé, celui-ci indiquant des différences locales dans la vitesse de descente. Un gradin de solifluxion peut comporter un sol minéral nu sur la partie supérieure du versant et des matières organiques «sous-plissées» à la fois dans le *sol saisonnièrement dégelé* et le *gélisol*. Les gradins recouverts d'un tapis végétal sont appelés «gradins gazonnés», tandis que les gradins pierreux prennent le nom de «guirlandes de pierres».

SYNONYMES : terrassette de solifluxion, replat de solifluxion.

SOURCES : St-Onge, 1965 ; Hamelin et Cook, 1967 ; Tricart et Cailleux, 1967 ; Brown, 1969 ; Benedict, 1970 ; Washburn, 1979.

frange gelée

[frozen fringe]

Zone dans un *sol gélif* en train de geler, située entre l'isotherme la plus chaude où l'on trouve de la *glace interstitielle* et l'isotherme où croît la *lentille de glace* la plus chaude (fig. 5).

REMARQUE : La température à laquelle croît la *lentille de glace* est légèrement au-dessous de 0 °C.

SOURCES : Miller, 1972 ; Konrad et Morgenstern, 1983.

front de dégel (voir aussi *front de gel*)

[thawing front]

Limite mouvante entre le *sol dégelé* et le *gélisol* (fig. 4).

REMARQUE : Le front de dégel peut avancer dans le gélisol temporaire ou pérenne au cours d'un dégel progressif. Dans les zones de *gel saisonnier*, on observe deux fronts de dégel au cours de la période annuelle de dégel : l'un se déplace vers le bas, l'autre vers le haut. En général, le front de dégel coïncide davantage avec la position de l'isotherme 0 °C que le *front de gel*, sauf dans un *pergélisol salin*.

front de gel (voir aussi *cryofront; front de dégel*)

[freezing front]

Limite mouvante entre le *gélisol* (ou le sol partiellement gelé) et le *sol non gelé* (fig. 4 et 5).

REMARQUE : En général, lorsque le *mollisol* atteint le *plafond du pergélisol*, on observe, au cours de l'engel annuel du sol, deux fronts de gel, l'un se déplaçant vers le bas à partir de la surface du sol, l'autre se déplaçant vers le haut à partir du *plafond du pergélisol*.

Le front de gel peut ne pas coïncider avec l'isotherme 0 °C (*cryofront*).

SOURCES : Corte, 1962 ; Aguirre-Puente et coll., 1973 ; Mackay, 1974a ; van Everdingen, 1976.

G

gel saisonnier (voir aussi *mollisol*)

[frost, seasonal]

Gel se produisant pendant la période de l'année où les températures du sol sont au-dessous de 0 °C.

géliciment

[permacrete]

Mélange artificiel de matériaux meubles gelés, cimentés par de la *glace interstitielle*, formant un matériau de construction semblable au béton utilisé dans les régions froides.

REMARQUE : Si l'on porte à saturation la teneur en humidité de sols de granulométrie appropriée, qu'on les mélange et qu'on les compacte au maximum avant de les geler, on obtient un matériau à résistance relativement élevée aussi longtemps qu'il demeure gelé. Le géliciment est moulé sous forme de briques ou de blocs ou déposé dans des moules dont on se sert pour construire des murs et des colonnes, par exemple, que ce soit en profondeur (tunnels, mines, etc.) ou en surface dans un environnement où l'eau gèle.

SOURCE : Swinzow, 1966.

gélifluxion (voir aussi *reptation due au gel; solifluxion)*

[gelifluction]

Lente descente de matériaux non gelés sur un substrat gelé le long d'une pente.

REMARQUE : La gélifluxion est un type de *solifluxion* avec présence de *gélisol saisonnier* ou de pergélisol.

SOURCE : Washburn, 1979.

gélifraction (voir aussi *gélivation; altération due au gel*)

[frost wedging]

Désintégration, fragmentation ou éclatement des roches par la pression de l'eau qui gèle dans les fissures, les crevasses, les pores, les joints ou les plans de stratification.

REMARQUE : En anglais, de nombreux termes ont été utilisés pour décrire ce qui semble n'être qu'un seul processus.

SYNONYME : (à éviter) congélifraction.

SOURCES : Hamelin et Cook, 1967; Lautridou, 1971; Washburn, 1979.

gélisol (voir aussi *cryostructure; sol cryotique; sol non gelé*)
[frozen ground]
Sol ou roche dont l'*eau interstitielle* a été complètement ou partiellement transformée en *glace*.

REMARQUE : La teneur en glace du pergélisol ou du *gélisol saisonnier* varie en fonction de la température. Le gélisol peut être «rigide», «plastique» ou «sec», suivant sa teneur en *glace interstitielle*, sa *teneur en eau non gelée* et sa compressibilité sous charge. Les sols gelés et rigides sont solidement cimentés par la glace, montrent une rupture fragile et n'affichent pratiquement aucune consolidation sous charge. Les sols gelés plastiques sont aussi cimentés par la glace, mais leur teneur élevée en eau non gelée augmente leur viscosité et par conséquent leur compressibilité sous charge. Les sols gelés secs ou friables ont une *teneur en eau totale* très faible et ne sont que très peu cimentés par la glace. Leur compressibilité est la même que celle des sols non gelés de même composition, teneur en eau et densité.
SOURCES : Hamelin et Cook, 1967; U.R.S.S., 1969, 1973; van Everdingen, 1976.

gélisol plastique (voir *gélisol*)

gélisol rigide (voir *gélisol*)

gélisol saisonnier (voir aussi *mollisol*)
[seasonally frozen ground]
Sol qui regèle tous les ans (fig. 2 et 4).

REMARQUE : Dans les zones pergélisolées, le gélisol saisonnier peut inclure la partie supérieure du pergélisol (voir *sol dégelé selon les saisons*).
SYNONYME : gélisol temporaire.

gélisol sec (voir *gélisol*)

gélisol temporaire (voir *gélisol saisonnier*)

géliturbat (voir aussi *géliturbation; matériaux géliturbés; triage gélival*)
[cryoturbation]
(Résultat du processus) Structures irrégulières formées dans les matériaux meubles et causées par la *pénétration du gel* et la *gélivation* en profondeur et caractérisées par des couches et des lentilles plissées, cassées et disloquées de dépôts non consolidés et l'inclusion d'horizons organiques. Ces structures peuvent également se former dans la roche en place.

géliturbation (voir aussi *géliturbat; matériaux géliturbés*)
[cryoturbation]
(Processus) Terme générique englobant tous les mouvements du sol dus à *pénétration du gel* ou à la *gélivation.*

REMARQUE : La géliturbation comprend le *soulèvement dû au gel, le tassement dû au dégel* et tous les mouvements différentiels, notamment l'expansion et la contraction du sol résultant des variations de température, et la croissance et la disparition des accumulations de *glace de sol*, que celle-ci soit pérenne ou temporaire. À elles seules, les basses températures ne suffisent pas à produire la géliturbation; il faut que l'eau passe de la phase liquide à la phase solide (glace). La géliturbation est un processus important dans la formation des *sols structurés.*

SYNONYME : (à éviter) congéliturbation.

SOURCES : Tricart et Cailleux, 1967; French, 1976; Washburn, 1979.

gélivation (voir aussi *soulèvement dû au gel; gélifraction)*
[frost action]
Alternances de gel et de dégel de l'eau contenue dans le sol et dans les roches; les effets de ces alternances sur les matériaux et sur les ouvrages placés sur, ou dans, le sol.

REMARQUE : La gélivation des sols désigne les processus de soulèvement qui se produisent dans le sol au cours de l'*engel* et l'affaiblissement (suivi du tassement) qui se produit dans le *gélisol saisonnier* au moment du *dégel.*

Bien qu'il désigne habituellement les processus et les effets du gel et du dégel saisonniers, le terme «gélivation» est aussi utilisé pour décrire le soulèvement à long terme qui se produit lorsque les sols sont continuellement soumis à une température de congélation pendant une longue période (années), p. ex. les sols sous les entrepôts frigorifiques et sous les pipelines souterrains refroidis.

La gélivation contribue à l'altération mécanique (désagrégation ou fragmentation) du sol et des roches, par *gélifraction* et *géliturbation.* Elle contribue aussi à la formation de *cryotextures* et de *microstructures cryogéniques* dans le sol.

SYNONYMES : action du gel; cryergie.

SOURCES : Hennion, 1955; Washburn, 1979; Johnston, 1981.

géocryologie (voir aussi *cryolithologie; cryopédologie; cryosol*)
[geocryology]
Étude des sols et des roches dont la température est audessous de 0 °C.

REMARQUE : Terme dérivé du terme russe «geokriologiya». Bien que les glaciers n'en soient pas exclus, ce terme désigne habituellement l'étude du gélisol, qui comprend le *gélisol saisonnier* et le *pergélisol.*

SOURCES : Hamelin et Cook, 1967; Fyodorov et Ivanov, 1974; Poppe et Brown, 1976; Washburn, 1979.

glaçage

[icing]

Nappe de glace stratifiée, formée à la surface du sol, d'un cours d'eau ou d'un lac, par congélation d'écoulements successifs d'eau provenant d'une exfiltration d'eau souterraine ou d'une source ou émergeant à travers certaines fractures glacielles d'un cours d'eau.

REMARQUE : De nombreux glaçages contiennent de la neige. En Amérique du Nord anglophone, le terme «icing» est en train de remplacer plusieurs autres termes utilisés dans le passé. Les termes aufeis (allemand), flood ice, flood-plain icing, ice field, naled (russe) et overflow ice désignent habituellement des glaçages qui se sont formés sur de la glace de cours d'eau ou sur des plaines d'inondation. Les termes chrystocrene (crystocrene), ground icing, groundwater icing et spring icing désignent habituellement des glaçages formés par congélation d'eau souterraine exfiltrée. Le terme «taryn» est employé en Sibérie pour désigner un glaçage épais qui subsiste même en été. L'utilisation du terme «glacier» pour décrire cette forme de glace courante en Alaska et au Yukon n'est pas appropriée et devrait donc être abandonnée. On trouve aussi des glaçages dans certaines régions non pergélisolées.

SYNONYMES : aufeis, tarine.

SOURCES : Muller, 1943 ; Carey, 1970, 1973.

glace

[ice]

Eau congelée ; eau à l'état solide.

REMARQUE : Dans les régions pergélisolées, la glace peut occuper les vides du sol et des roches et adopter diverses formes. Elle peut passer d'incolore à bleu pâle ou bleu verdâtre. L'inclusion de bulles de gaz peut la faire paraître blanche ; à certains endroits exposés, la glace de sol peut aussi sembler noire. Elle se présente habituellement sous la forme de cristaux hexagonaux. Plusieurs types de *glace de sol* sont définis dans le présent glossaire.

glace d'accroissement (voir aussi *accroissement du pergélisol*)

[ice, aggradational]

Glace de sol nouvellement formée et incorporée au gélisol par suite de l'accroissement du pergélisol (fig. 10a).

REMARQUE : Les *lentilles de glace* se forment au cours du *gel saisonnier*, en particulier dans la partie inférieure du *mollisol* ; elles peuvent s'incorporer au pergélisol si elles restent gelées pendant quelques années.

SOURCES : Mackay, 1972b, 1983 ; Cheng, 1983.

glace d'exsudation (voir *aiguille de glace*)

glace d'injection (à éviter ; voir *glace intrusive*)

glace de caverne

[ice, cave]

Glace formée naturellement dans une caverne ouverte ou fermée.

REMARQUE : La glace de caverne peut se former et persister sous un climat tempéré dans une caverne dont la configuration ou le système permet, en hiver, un afflux d'air froid par gravité et limite, en été, l'entrée d'air chaud.

SOURCE : Harris, 1979.

glace de cavité fermée (voir aussi *glace de cavité ouverte*)

[ice, closed-cavity]

Glace formée dans le pergélisol dans un espace, une cavité ou une caverne fermés.

REMARQUE : Le long de la côte occidentale de l'Arctique canadien, on a trouvé des cavités souterraines remplies de cristaux qui auraient été formées par des poches de méthane. L'eau de ces cristaux serait entrée dans la cavité par diffusion de la vapeur.

SOURCES : Mackay, 1965, 1972b.

glace de cavité ouverte (voir aussi *glace de cavité fermée*)

[ice, open-cavity]

Glace formée dans une cavité ou une fissure ouverte du sol par sublimation de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère.

REMARQUE : La glace de cavité ouverte est semblable au givre blanc, si ce n'est que les cristaux de glace croissent dans les cavités plutôt qu'en surface. Elle se forme dans le pergélisol, dans les *fentes de contraction thermique*, les mines et les glacières.

SYNONYME : glace de sublimation.

SOURCE : Mackay, 1972b.

glace de fente de contraction thermique (voir aussi *glace de fente en coin; glace de veine*)

[ice, thermal contraction crack]

Glace formée dans des fentes de contraction thermique du sol (fig. 17).

REMARQUE : La *glace de fente en coin* et certains types de *glace de veine* font partie de cette catégorie de glace. La *glace de cavité ouverte* peut être une glace de fente de contraction thermique.

SYNONYME : glace de fente de gel.

SOURCES : Mackay, 1972b; Pissart, 1975.

glace de fente de gel (voir *glace de fente de contraction thermique*)

glace de fente en coin (voir aussi *glace de fente de contraction thermique; coin de glace*)

[ice, wedge]

Glace d'un *coin de glace* (fig. 17f).

REMARQUE : La glace de fente en coin est composée d'une série de *veines de glace* formées au même endroit pendant une certaine période. Elle est stratifiée verticalement ou subverticalement; elle peut être décolorée par des sédiments et contenir des bulles d'air qui ont tendance à être disposées en bandes presque verticales. La glace peut avoir un aspect laiteux attribuable à la présence de nombreuses petites bulles. La largeur des bandes de glace varie de quelques millimètres à un centimètre.

SOURCES : Pissart, 1967; Gell, 1978; Washburn, 1979.

glace de fissure de dilatation (voir aussi *fissure de dilatation*)

[ice, dilation crack]

Glace qui se forme dans les *fissures de dilatation* (fig. 10b).

REMARQUE : La glace de fissure de dilatation peut constituer une composante importante de la *teneur en glace* totale de certains éléments comme les *pingos*. La glace est stratifiée verticalement et peut être décolorée par des inclusions de matières minérales et organiques. Les strates peuvent atteindre 20 cm de largeur.

SOURCES : Mackay, 1979, 1985.

glace de lentille (voir aussi *lentille de glace; glace de ségrégation*)

[ice, lens]

Glace de sol adoptant la forme de *lentilles de glace*.

glace de pingo (voir aussi *pingo en système fermé; pingo en système ouvert*)

[ice, pingo]

Glace massive formant le noyau d'un *pingo* (fig. 10h).

REMARQUE : La glace d'un pingo peut être presque pure ou contenir des sédiments. Il peut s'agir de *glace intrusive*, de *glace de ségrégation* et de *glace de fissure de dilatation*.

SOURCES : Rampton et Mackay, 1971; Mackay, 1973b, 1985; Pissart et French, 1976.

glace de ségrégation (voir aussi *glace de lentille; lentille de glace; ségrégation de la glace*)

[ice, segregated]

Glace formée par la migration de l'*eau interstitielle* vers la *frange gelée* où elle adopte la forme de couches ou de lentilles bien distinctes (fig. 9a).

REMARQUE : L'épaisseur de la glace de ségrégation varie de très mince à plus de 10 m. Elle est habituellement observée dans des couches alternantes de glace et de sol (voir *lentille de glace*).

SOURCES : Taber, 1929; Mackay, 1966; Penner, 1972; Pissart, 1975.

glace de sol (voir aussi *glace enfouie; glace épigénétique; glace intrusive; glace syngénétique*)

[ice, ground]

Générique désignant tous les types de glace qui se trouvent dans le *gélisol* en formation ou déjà formé (fig. 10).

REMARQUE : La glace de sol occupe les pores, les cavités, les vides et autres ouvertures qui se trouvent dans le sol ou les roches. De manière générale, elle comprend la *glace massive*, mais non la *glace enfouie*. La glace de sol peut être épigénétique ou syngénétique, contemporaine ou résiduelle, en accroissement ou en régression, pérenne ou temporaire. Elle peut se présenter sous forme de lentilles, de coins, de veines, de nappes, de filons, de masses à géométrie variée ou de cristaux ou pellicules sur des particules minérales ou organiques. Pour être pérenne, la glace de sol doit se trouver dans du pergélisol.

SOURCES : Lamothe et St-Onge, 1961 ; Mackay, 1972b ; Pollard et French, 1980.

glace de sublimation (voir *glace de cavité ouverte*)

glace de veine (voir aussi *glace de fente de contraction thermique; veine de glace*)

[ice, vein]

Générique désignant la glace de toute origine occupant les fentes formées dans le pergélisol.

REMARQUE : La glace de veine se présente sous diverses formes, notamment en couches ou lentilles horizontales, en nappes tabulaires, en coins et en réseaux.

SOURCES : Mackay, 1972b ; Washburn, 1979.

glace en excès (voir aussi *soulèvement dû au gel; tassement dû au dégel*)

[ice, excess]

Volume de glace souterraine supérieur au volume total des pores qui se trouvent dans un sol naturellement non gelé (fig. 7).

REMARQUE : En mécanique des sols, un sol est normalement consolidé lorsque le volume total des pores ou la *teneur en eau totale* est en équilibre avec les contraintes gravitationnelles. À cause de la présence de *glace de sol*, la *teneur en eau totale* d'un sol gelé peut dépasser celle du même sol dans son état normalement consolidé quand il n'est pas gelé. Par conséquent, lors du dégel, un sol contenant de la glace en excès subira un tassement sous son propre poids jusqu'à ce qu'il soit consolidé.

glace enfouie (voir aussi *glace de sol*)

[ice, buried]

Glace formée ou déposée à la surface du sol et recouverte ultérieurement de sédiments.

REMARQUE : La glace enfouie peut être d'origine glaciaire ou glacielle (lac, cours d'eau et mer); il peut également s'agir de glaçages ou de bancs de neige enfouis.

glace épigénétique (voir aussi *glace de sol; glace syngénétique*)

[ice, epigenetic]

Glace de sol qui s'est formée ultérieurement à la formation du sol.

REMARQUE : Lorsque la glace épigénétique se présente sous forme de *lentilles de glace* dont le volume par rapport au sol est élevé, il est préférable d'utiliser le terme plus descriptif de *glace de ségrégation*. Les *coins de glace* et la *glace intrusive* sont également des types de glace épigénétique.

SOURCES : Hamelin, 1971 ; Mackay, 1972b.

glace interstitielle (voir aussi *cryostructure; teneur en glace; eau interstitielle; teneur en eau totale; teneur en eau non gelée*)

[ice, pore]

Glace contenue dans les pores du sol et des roches.

REMARQUE : La glace interstitielle ne comprend pas la *glace de ségrégation*. Lorsqu'elle fond, la glace interstitielle produit un volume d'eau inférieur ou égal au volume des vides du sol.

SOURCES : Journeaux, 1969; Brown et Kupsch, 1974; Johnston, 1981.

glace intrusive (voir aussi *glace de sol*)

[ice, intrusive]

Glace formée par congélation de l'eau injectée dans les sols ou les roches (fig. 10c).

REMARQUE : La congélation d'eau injectée se traduit habituellement par le soulèvement du sol sus-jacent, produisant des formes comparables à celles des intrusions de roche ignée. Par conséquent, une masse tabulaire de glace intrusive adopte une forme analogue à celle d'un filon-couche ou d'un dyke (voir *veine de glace*) tandis que sa forme en dôme est semblable à celle d'un laccolite (voir *butte saisonnière à noyau de glace, pingo*). L'usage des termes « sill ice » en anglais ou « hydrolaccolite » en français n'est pas recommandé. La glace intrusive peut se former dans des sédiments poreux non consolidés et dans un socle fracturé ou diaclasé. Les fractures peuvent s'élargir par hydratation ou par *gélifraction*. L'action de la glace intrusive est d'autant plus grande que l'eau emprisonnée dans les fractures subit un gel relativement rapide.

SYNONYME : (à éviter) glace d'injection.

SOURCES : Pissart, 1967; Mackay, 1972b; Dyke, 1981, 1984.

glace massive (voir aussi *lentille de glace*)

[ice, massive]

Générique employé pour décrire les masses importantes de *glace de sol*, notamment les *coins de glace*, la *glace de pingo*, la *glace enfouie* et les grosses *lentilles de glace* (fig. 10d, e, f).

REMARQUE : Les couches de glace massive sont caractérisées par une teneur en glace d'au moins 250 % (fondée sur le poids de la glace par rapport au poids du sol sec). Si la teneur en glace est inférieure à 250 %, les couches sont alors dites « couches glacées massives ». Certaines couches de glace massive ont une épaisseur supérieure à 40 m et s'étendent sur 2 km ; de plus, certaines sont la cause de soulèvements de terrain proéminents.

SYNONYME : masse de glace.

SOURCES : Hamelin et Cook, 1967 ; Rampton et Mackay, 1971 ; Mackay, 1971, 1973a ; Rampton et Walcott, 1974.

glace relictuelle (voir aussi *pergélisol relictuel*)

[ice, relict]

Glace qui a persisté après sa formation au cours d'une période géologique antérieure.

REMARQUE : La glace relictuelle peut englober la *glace de sol* conservée dans certaines régions froides, comme les plaines côtières de l'Arctique canadien occidental et de la Sibérie septentrionale où du pergélisol datant du Pléistocène a été conservé.

SOURCES : Mackay et coll., 1972 ; Mackay, 1975.

glace réticulée

[ice, reticulate]

Veines de glace horizontales et verticales, formant un réseau tridimensionnel à mailles rectangulaires ou carrées (fig. 9c, d).

REMARQUE : Des observations de terrain indiquent que les *veines de glace* réticulées croissent dans des fentes de retrait horizontales et verticales et qu'une grande partie de l'eau provient des matériaux adjacents. La migration de l'eau s'effectue dans un système semi-fermé. Ce type de glace est habituellement observé dans des sédiments glacio-lacustres gelés.

SOURCE : Mackay, 1974b.

glace syngénétique (voir aussi *glace épigénétique ; glace de sol*)

[ice, syngenetic]

Glace de sol qui s'est formée à peu près en même temps que le dépôt des formations meubles qu'elle occupe.

SOURCE : Hamelin, 1971.

glacier rocheux

[rock glacier]

Masse de fragments de roche et de matériaux fins sur des versants, contenant de la *glace interstitielle* ou un noyau de glace et donnant des signes de déplacement antérieur ou actuel.

REMARQUE : Les glaciers rocheux ne se forment pas s'il n'y a pas suffisamment d'humidité pour permettre la formation de la *glace interstitielle* nécessaire au déplacement de la masse. Certains déplacements semblent avoir été formés, au moins en partie, par enfouissement de glace de glacier. Les glaciers rocheux «actifs» avancent à une vitesse pouvant atteindre 50 m par année et présentent un front abrupt dont l'angle est supérieur à l'angle de repos. Les glaciers rocheux sont dits «inactifs» lorsque la masse principale cesse d'avancer. La surface de la plupart des glaciers rocheux est ondulée de crêtes et de sillons transversaux.

SOURCES : Capps, 1910 ; Hamelin et Cook, 1967 ; White, 1976b ; Washburn, 1979.

glacier rocheux actif (voir *glacier rocheux*)

glacier rocheux inactif (voir *glacier rocheux*)

glissement dû au dégel (voir aussi *rupture par décollement*)

[thaw slumping] Phénomène de rupture de versant caractérisé par la fonte de la *glace de sol* ainsi que la descente et le glissement des débris résultants.

REMARQUE : La forme de terrain qui en résulte est un *glissement régressif dû au dégel.*

SOURCES : Mackay, 1966 ; McRoberts et Morgenstern, 1974 ; Washburn, 1979.

glissement régressif dû au dégel (voir aussi *rupture du mollisol; glissement dû au dégel; glissement régressif multiple*)

[retrogressive thaw slump]

Rupture de talus résultant du dégel d'un *pergélisol à haute teneur en glace* (fig. 21c, d).

REMARQUE : Dans les glissements régressifs dus au dégel, une paroi frontale raide recule par tranches à cause du dégel et une coulée de débris composée de sédiments dégelés et d'eau de fonte mélangés glisse le long de la paroi frontale avant de s'écouler au loin. Ces glissements sont courants dans les sédiments glaciolacustres et les diamictons à grain fin riches en glace.

SOURCES : Mackay, 1966 ; Rampton et Mackay, 1971 ; Hughes, 1972 ; McRoberts et Morgenstern, 1974 ; Washburn, 1979.

glissement régressif multiple (voir aussi *glissement régressif dû au dégel*)

[multiple retrogressive slide]

Mouvement de masse résultant de la rupture par cisaillement de sédiments non gelés situés sous le pergélisol et provoquant le détachement et le glissement de blocs de gélisol.

REMARQUE : Les blocs de gélisol peuvent subir un mouvement rotationnel inverse lors de la descente.

SOURCE : McRoberts et Morgenstern, 1974.

gradient géothermique (voir *régime thermique du sol*)

gradin (voir *sol structuré*)

gradin de solifluxion (voir *formes dues à la solifluxion*)

gradin gazonné (voir *formes dues à la solifluxion*)

guirlande de pierres (voir *formes dues à la solifluxion*)

H

hydrate de gaz

[gas hydrate]

Forme spéciale de clathrate solide dans lequel les cages d'un réseau cristallin, composées de molécules hôtes, contiennent d'autres molécules.

REMARQUE : Les hydrates de gaz se forment dans des conditions de température et de pression particulières. Les molécules hôtes sont de l'eau et les autres molécules peuvent être divers gaz comme l'argon, l'azote, le gaz carbonique, l'hydrogène sulfuré, le méthane, l'éthane, les halogènes et d'autres petites molécules. Dans les régions pergélisolées, les hydrates de gaz se concentrent habituellement près de la *base du pergélisol* et peuvent causer des problèmes inattendus au cours de forages pétroliers.

SOURCES : Bily et Dick, 1974; Kaplan, 1974; Judge, 1982.

hydrolaccolite (à éviter, voir *pingo*)

I

îlot terreux (voir *ostiole*)

indice de dégel (voir aussi *degré-jour; facteur n; indice de gel*)
[thawing index]
Nombre cumulatif de *degrés-jours* au-dessus de 0 °C pour une période donnée.

REMARQUE : Quatre principaux types d'indices de dégel de l'air sont utilisés :

1. «l'indice de dégel approximatif», calculé à partir des températures moyennes mensuelles de l'air à une station particulière sans correction des degrés-jours négatifs (au-dessous de 0 °C) enregistrés au printemps et à l'automne (Boyd, 1973, 1979).
2. «l'indice de dégel annuel total», calculé en additionnant toutes les températures quotidiennes moyennes positives de l'air (°C) à une station particulière au cours d'une année civile (Harris, 1981).
3. «l'indice de dégel saisonnier», calculé à partir de la somme arithmétique de toutes les moyennes quotidiennes positives et négatives de la température de l'air (°C) à une station particulière au cours de la période indiquée sur la courbe temporelle des degrés-jours cumulatifs par le point le plus bas enregistré au printemps et le point le plus élevé enregistré à l'automne suivant (Huschke, 1959).
4. «l'indice nominal du dégel de l'air», calculé en prenant la moyenne des indices de dégel saisonnier des trois étés les plus chauds des 30 dernières années d'enregistrement. Si les données recueillies ne remontent pas à 30 ans passés, on utilise la moyenne de l'été le plus chaud des 10 dernières années d'enregistrement (U.S. Army/Air Force, 1966).

L'indice de dégel annuel total a été utilisé pour prédire la répartition du pergélisol et l'indice nominal du dégel de l'air est couramment employé dans les études géotechniques pour évaluer la profondeur maximale de dégel d'un *gélisol*.

L'indice de dégel superficiel (terrain, chaussée, etc.) diffère de l'indice de dégel de l'air (voir ***facteur n***).

indice de gel (voir aussi *degré-jour; facteur n; indice de dégel*)
[freezing index]
Nombre cumulatif de *degrés-jours* au-dessous de 0 °C pour une période donnée.

REMARQUE : Quatre principaux types d'indices de gel de l'air sont utilisés :

1. «l'indice de gel approximatif», calculé à partir des températures moyennes mensuelles de l'air à une station particulière sans correction des degrés-jours positifs (au-dessus de 0 °C) enregistrés au printemps et à l'automne (Boyd, 1973, 1979).

2. «l'indice de gel annuel total», calculé en additionnant toutes les températures quotidiennes moyennes négatives de l'air (°C) à une station particulière au cours d'une année civile (Harris, 1981).
3. «l'indice de gel saisonnier», calculé à partir de la somme arithmétique de toutes les températures (°C) quotidiennes moyennes de l'air, négatives et positives, à une station particulière au cours de la période allant du point le plus élevé enregistré au cours de l'automne au point le plus bas enregistré au cours du printemps suivant, selon la courbe temporelle des degrés-jours cumulés (Huschke, 1959).
4. «l'indice de gel nominal», calculé en prenant la moyenne des indices de gel saisonnier enregistrés au cours des trois hivers les plus froids des 30 dernières années d'enregistrement. Si les données ne couvrent pas 30 ans, on calcule l'indice en se basant sur l'hiver le plus froid des 10 dernières années (U.S. Army/Air Force, 1966).

L'indice de gel annuel total a été utilisé pour prédire la répartition du pergélisol et l'indice de gel nominal est couramment utilisé en génie pour évaluer l'épaisseur maximale de la glace des lacs et la profondeur maximale de la *pénétration du gel* dans le sol.

L'indice de gel superficiel (du sol, des chaussées, etc.) diffère de l'indice de gel de l'air (voir *facteur n*).

L

lac de dégel (à éviter; voir *lac de thermokarst*)

lac de fonte (à éviter; voir *lac de thermokarst*)

lac de thermokarst (voir aussi *cuvette de dégel; lac orienté; thermokarst*)

[thermokarst lake]

Lac occupant une dépression fermée qui s'est formée à la suite d'un tassement du sol causé par la fonte de la *glace de sol* (fig. 22c).

REMARQUE : Les lacs de thermokarst sont en général peu profonds. Les dépressions peuvent s'agrandir par *rupture du mollisol* (voir *alass*); les lacs peuvent s'agrandir par processus thermokarstiques. Les lacs sont parfois semblables aux cuvettes de glace morte des milieux glaciaires.
SYNONYMES : (à éviter) lac de fonte, lac de dégel.
SOURCES : Wallace, 1948; Hopkins, 1949.

lac orienté (voir aussi *thermokarst; lac de thermokarst*)
[oriented lake]
Lac de thermokarst dont l'orientation selon le grand axe est commune à plusieurs autres lacs de même origine (fig. 22b).

REMARQUE : Les lacs orientés semblent se former par érosion différentielle des rives pergélisolées composées de sédiments homogènes à grain fin, sous l'effet des vents dominants. Dans certains cas, la structure du socle peut influer sur l'orientation des lacs. On trouve également des lacs orientés dans des régions non pergélisolées.
SOURCES : Black et Barksdale, 1949; Rex, 1961; Carson et Hussey, 1962; Hamelin et Cook, 1967; Tricart et Cailleux, 1967; Price, 1968; Sellmann et coll., 1975; Harry et French, 1983.

langue de solifluxion (voir *formes dues à la solifluxion*)

lentille de glace (voir aussi *glace de lentille; glace massive; glace de ségrégation*)
[ice lens]
Glace formant une lentille surtout horizontale et de dimensions variables.

REMARQUE : L'épaisseur des lentilles de glace varie de très mince à 10 m. Les lentilles de glace très épaisses et étendues devraient être appelées couches de *glace massive*. Ce terme désigne habituellement les couches de *glace de ségrégation* plus ou moins parallèles à la surface du sol.
SOURCES : Hamelin, 1971; Mackay, 1971, 1973a; Rampton et Walcott, 1974; Pissart, 1975.

limite du pergélisol (voir aussi *pergélisol continu; pergélisol discontinu*)
[permafrost boundary]
1. Bordure d'une masse distincte de pergélisol.
2. Limites géographiques entre les zones de *pergélisol continu* et *discontinu*.

lobe à gradin caillouteux (voir *formes dues à la solifluxion*)

lobe à gradin gazonné (voir *formes dues à la solifluxion*)

lobe de solifluxion (voir *formes dues à la solifluxion*)

M

macropolygone (voir *polygone*)

manteau de solifluxion (voir *formes dues à la solifluxion*)

masse de glace (voir *glace massive*)

matériaux géliturbés (voir aussi *géliturbat; géliturbation*)
[cryoturbate]
Matériaux meubles non consolidés, déplacés ou dérangés sous l'effet de la *gélivation*.

REMARQUE : Le processus de *géliturbation* a pour effet de perturber et de déformer les horizons et les structures originales du sol, de créer des *sols structurés*, des involutions et d'enfouir des masses et des couches riches en matières organiques. Le mouvement descendant des sols sur les versants est désigné plus correctement par les termes *solifluxion, gélifluxion* ou *reptation due au gel*, néanmoins, beaucoup d'auteurs incluent les produits de la solifluxion dans les matériaux géliturbés.
SYNONYMES : (à éviter) matériaux congéliturbés, matériaux cryoturbés.

mer de pierres (voir *champ de blocs*)

micropolygone (voir *polygone*)

microstructure cryogénique (voir aussi *cryosol*)
[cryogenic fabric]
Agencement microstructural du sol résultant des effets du gel et du dégel (fig. 8).

REMARQUE : On peut distinguer au microscope les microstructures suivantes :

1. microstructures granulaires et quasi granulaires : les particules du sol forment des unités discrètes faiblement agglomérées. Ces microgéliformes sont en général attribuables au gel-dégel et à la formation d'*aiguilles de glace* près de la surface du sol.
2. microstructures fragmiques et fragmoïdales : les particules du sol forment des unités discrètes fortement agglomérées ou coalescentes. Ces microstructures s'observent habituellement dans les horizons situés en profondeur, généralement près du *front de gel* où se forment des *lentilles de glace*.
3. microstructures zonées et isozonées : les particules du sol forment des couches subhorizontales résultant du gel-dégel conjugué à l'éluviation.

4. microstructures orbiculiques, suscitiques et conglomératiques : des particules de sol plus grossières adoptent une configuration allant de circulaire à ellipsoïdale (orbiculique), une orientation verticale ou quasi verticale (suscitique) et un arrangement composé (conglomératique), par suite probablement de la *géliturbation*.
SOURCES : Brewer et Pawluk, 1975 ; Pawluk et Brewer, 1975 ; Fox, 1983.

modelé de thermokarst (voir aussi *butte de thermokarst; cicatrice d'affaissement; doline de dégel; relief à noyaux de glace; thermokarst*)
[thermokarst terrain]
Modelé résultant de la fonte de la *glace de sol* en excès et du tassement du sol subséquent (fig. 22).

REMARQUE : Sauf dans les *dolines de dégel*, le drainage souterrain dans un modelé de thermokarst est à peu près inexistant. Le dégel annuel du *mollisol* ne peut pas à lui seul produire un modelé de thermokarst. La fonte de la *glace de sol* peut être causée par des changements climatiques, par la destruction du tapis de végétation, par des incendies, des animaux ou des personnes ou par toute modification du *régime thermique du sol* telle que l'accélération de la vitesse de dégel par l'eau courante. Les formes de relief des milieux thermokarstiques comprennent les dépressions (voir aussi *alass*), les lacs (voir *lac orienté; lac de thermokarst*), les buttes (voir aussi *butte de thermokarst*) et les petites dépressions plus ou moins circulaires.

Les formes de relief thermokarstiques peuvent se diviser en formes « actives » et « inactives ». Dans un thermokarst inactif, l'équilibre thermique a été atteint, tandis que dans un thermokarst actif, le déséquilibre thermique se poursuit. L'épithète « thermokarstique » a été créée pour qualifier les terrains dont le modelé est similaire au modelé karstique des terrains calcaires.
SOURCES : Hopkins, 1949 ; Czudek et Demek, 1970 ; French, 1976.

mollisol (voir aussi *couche dégelée résiduelle; gel saisonnier; gélisol saisonnier; pergélisol saisonnièrement actif; profondeur de dégel; sol dégelé selon les saisons*)
[active layer]
Couche superficielle du sol soumise au gel et au dégel annuel dans les régions pergélisolées (fig. 2).

REMARQUE : L'épaisseur du mollisol varie d'une année à l'autre, en fonction de certains facteurs comme la température de l'air ambiant, la végétation, le drainage, le type de sol ou de roche et leur teneur en eau, le manteau nival ainsi que la pente et l'orientation des versants. Le mollisol, qui est mince dans le Haut-Arctique (15 cm ou moins), s'épaissit en général vers le sud (1 m ou plus). Dans la zone de *pergélisol continu*, il descend jusqu'au *plafond du pergélisol*. Dans la zone de *pergélisol discontinu*, il n'y descend pas toujours.

Le mollisol peut inclure la partie supérieure du pergélisol lorsque la salinité ou la teneur en argile du pergélisol contribue à son gel et à

son dégel annuels. Cependant, le matériau qui le constitue peut demeurer cryotique (température au-dessous de 0 °C).

Le mollisol est parfois désigné par le terme «zone active»; le terme «zone» devrait toutefois n'être utilisé que pour désigner les zones de pergélisol continu ou discontinu. En anglais, l'usage du terme «depth to permafrost» pour désigner l'épaisseur du mollisol porte à confusion, en particulier dans les régions où le mollisol est séparé du pergélisol par une *couche dégelée résiduelle*, c'est-à-dire par une couche de sol qui est dégelé ou non cryotique (au-dessus de 0 °C).

SYNONYME : couche active.

SOURCES : Muller, 1943; Lliboutry, 1964; Williams, 1965; Hamelin et Cook, 1967; Brown, 1971; van Everdingen, 1985.

mollisol fossile (voir *paléomollisol*)

mollisol résiduel (voir *paléomollisol*)

mouvement de masse

[mass wasting]

Descente du sol ou de la couche superficielle de roche le long d'une pente (fig. 21).

REMARQUE : Ce terme englobe les mouvements lents (*reptation due au gel, gélifluxion* ou *solifluxion*) et les mouvements plus rapides que sont les glissements ou les *ruptures du mollisol*. En sont exclus les déplacements crustaux de nature tectonique et le transport de matériaux par un agent actif, tel la glace de glacier, la neige, l'eau ou l'air. Dans les régions pergélisolées, les mouvements de masse ne se limitent pas au *mollisol*; ils peuvent également être causés par la formation et la reptation de la glace contenue dans le pergélisol. Le *soulèvement dû au gel*, qui intervient dans la *reptation due au gel*, est un processus de mouvement de masse.

SOURCES : Hamelin et Cook, 1967; Hutchinson, 1968; Savage, 1968; Pissart, 1976; Washburn, 1979.

N

naled (à éviter; voir *glaçage*)

nappe de solifluxion (voir *formes dues à la solifluxion*)

niche d'érosion thermique
[thermo-erosional niche]
Rentrant formé à la base d'une berge de cours d'eau ou d'une falaise littorale et causé par l'*érosion thermique* d'un *pergélisol à haute teneur en glace* (fig. 22d).

REMARQUE : Une telle niche peut pénétrer à plus de 10 m à l'intérieur d'une berge ou d'une falaise. Les sédiments sapés peuvent par la suite s'effondrer le long d'un plan de faiblesse où se trouve par exemple un *coin de glace* et provoquer la destruction de la niche. La formation d'une telle niche et l'effondrement de la berge ou de la falaise touchée constituent un processus d'érosion particulier aux *régions pergélisolées*. Le retrait de la berge ou du littoral peut être très rapide si les débris effondrés sont évacués par les vagues ou les courants.
SOURCES : Walker et Arnborg, 1966; Czudek et Demek, 1970; French, 1976; Are, 1978; Newbury et coll., 1978; Harry et coll., 1983.

non cryotique (voir *sol non cryotique*)

O

ostiole (voir aussi *sol structuré*)
[frost boil]
Petite butte ou flaque de terre fraîche formée par l'action du gel (fig. 16c, d).

REMARQUE : Type de cercle sans triage qui se forme habituellement dans des sédiments à grain fin reposant sur du pergélisol. Les ostioles se rencontrent aussi dans les régions non pergélisolées.
SYNONYMES : ostiole de toundra, flaque de terre; îlot terreux.
SOURCES : Hamelin et Cook, 1967; Tricart et Cailleux, 1967; Thorn, 1976; Shilts, 1978.

ostiole de toundra (voir *ostiole;* voir aussi *toundra*)

P

paléomollisol

[active layer, relict]

Ancien *mollisol*, maintenant gelé de façon pérenne, se trouvant immédiatement sous le mollisol contemporain. Son épaisseur indique la profondeur maximale de dégel annuel qui a été atteinte dans le passé, au cours d'une période climatique plus chaude.

REMARQUE : La base du paléomollisol est caractérisée par une discordance de dégel identifiable par des différences de *teneur en glace* et en isotopes stables, par des assemblages différents de minéraux lourds et de pollens entre les parties sus-jacente et sous-jacente de la discordance ainsi que par la troncation de masses de glace.

SYNONYMES : mollisol fossile, mollisol résiduel.

SOURCES : Delorme et coll., 1978; Mackay, 1978.

palse (voir aussi *butte cryogène; plateau palsique*)

[palsa]

Butte de pergélisol tourbeuse composée d'un noyau de couches alternantes de *glace de ségrégation* et de tourbe ou de sol minéral (fig. 14 et 15).

REMARQUE : Les palses mesurent de 1 à 7 m de hauteur et ont un diamètre inférieur à 100 m. Ce terme d'origine fennoscandinave désignait « une butte à noyau de glace émergeant d'une tourbière » (Seppälä, 1972). Cette définition fournit des renseignements sur (a) le mode de formation des palses, (b) leur milieu de croissance, c'est-à-dire les terrains marécageux et (c) le processus responsable de la croissance de cette butte, soit la *ségrégation de la glace* dans le sol minéral qui se trouve sous la tourbe. La plupart des palses, mais pas toutes, se trouvent dans la zone de *pergélisol discontinu*.

Washburn (1983) a proposé une définition plus générale du terme palse en englobant l'ensemble des buttes pergélisolées, qu'elles soient formées de *glace intrusive* ou de *glace de ségrégation* : « Les palses sont des buttes de tourbe pergélisolées, dont la hauteur varie d'environ 0,5 m à environ 10 m et dont le diamètre moyen dépasse environ 2 m; elles comprennent (1) les formes d'aggradation attribuables à l'*accroissement du pergélisol* à une zone de contact *mollisol*-pergélisol et (2) les formes de dégradation d'apparence semblable résultant de la désagrégation d'un dépôt tourbeux étendu ». Cette définition générale a l'inconvénient d'inclure sous une même désignation des monticules d'origine tout à fait différente (p. ex. les buttes contenant de la *glace intrusive*). Il est donc proposé que le terme « palse » soit restreint aux formes dont la structure interne indique la présence de *glace de ségrégation* et dont l'environnement n'offre pas de potentiel hydraulique élevé à condition que d'autres paramètres (dimensions, formes, milieux marécageux) soient satisfaits. Le terme *butte cryogène* devrait être employé dans un sens non génétique pour décrire les buttes de forme semblable mais de genèse différente qui se

rencontrent en terrain pergélisolé.
SOURCES : Hamelin et Cook, 1967; Tricart et Cailleux, 1967; Lundqvist, 1969; Seppälä, 1972; Zoltai et Tarnocai, 1971, 1975; Washburn, 1983.

pénétration du gel
[frost penetration]
Déplacement descendant du *front de gel* normalement à la surface dans le sol au cours de l'*engel*.

pérélétok (à éviter; voir *pergélisol; couche dégelée résiduelle*)
[pereletok]
Couche de sol, située entre le *mollisol* et le pergélisol sous-jacent, qui demeure gelée pendant une ou plusieurs années avant de dégeler.
REMARQUE : Ce terme d'origine russe est à éviter parce qu'il laisse supposer arbitrairement que le pérélétok n'est pas un pergélisol bien que la définition lui attribue une durée suffisante pour qu'il puisse être considéré comme tel. De plus, cette définition semble faire une distinction fondamentale entre le pérélétok, d'une part, et le pergélisol d'une durée de quelques années seulement, d'autre part, quand en réalité il n'existe aucune différence. Il est préférable de considérer le *gélisol* comme un pergélisol s'il dure pendant au moins deux hivers et l'été intermédiaire et de considérer comme *gélisol saisonnier* ou temporaire celui qui ne dure que pendant une fraction d'année. Pour la même raison, l'utilisation du terme anglais «climafrost» comme synonyme de pérélétok est à éviter.
SOURCE : Brown, 1966.

pergélisol
[permafrost]
Sol (ou roche) qui se maintient à une température égale ou au-dessous de 0 °C pendant au moins deux ans (fig. 2).
REMARQUE : Le pergélisol étant synonyme de *sol cryotique* pérenne, il est défini en fonction de la température. Il n'est donc pas nécessairement gelé étant donné que le point de congélation de l'eau qu'il contient peut se situer à plusieurs degrés au-dessous de 0 °C; de plus, il n'est pas nécessaire qu'il contienne de l'eau ou de la glace. En d'autres termes, bien que tous les gélisols pérennes soient des pergélisols, les pergélisols ne sont pas toujours des sols gelés de façon pérenne. Le pergélisol ne devrait pas être considéré comme un état permanent étant donné que des modifications naturelles ou artificielles du climat ou du terrain peuvent causer l'élévation de la température du sol au-dessus de 0 °C. Le pergélisol comprend la *glace de sol* pérenne mais exclut les glaciers et les glaces flottantes même si la température de ceux-ci se maintient de façon pérenne au-dessous de 0 °C. L'épaisseur du pergélisol varie de 1 m à plus de 1000 m. Pour les auteurs soviétiques, le pergélisol est un sol dont la température se maintient au-dessous de

0 °C pendant au moins trois ans. (Voir *pérélétok*, à éviter).
SOURCES : Muller, 1943 ; Hamelin et Cook, 1967 ; van Everdingen, 1976 ; Kudryavtsev, 1978.

pergélisol actif selon les saisons (voir aussi *mollisol*)
[permafrost, seasonally-active]
Couche supérieure du pergélisol qui subit des changements de phase saisonniers à cause de l'*abaissement du point de congélation* de son *eau interstitielle* (fig. 2 et 4).
SOURCE : van Everdingen, 1985.

pergélisol à haute teneur en glace (voir aussi *pergélisol sensible au dégel*)
[permafrost, ice-rich]
Pergélisol contenant de la *glace en excès*.
REMARQUE : Terme qualitatif. Le pergélisol à haute teneur en glace est sensible au dégel.

pergélisol alpin
[permafrost, alpine]
Pergélisol existant dans les régions montagneuses de moyenne et basse latitudes (fig. 1).
REMARQUE : Le pergélisol alpin se situe aux latitudes élevées, dans des régions comme la cordillère, en Amérique du Nord. Le terme « pergélisol de plateau » désigne un type de pergélisol alpin, mais son usage est déconseillé.
SOURCES : Fujii et Higuchi, 1978 ; Harris et Brown, 1978, 1982 ; Péwé, 1983.

pergélisol cimenté par la glace (voir aussi *cryostructure*)
[permafrost, ice-bonded]
Pergélisol dont les grains sont cimentés par la glace qui s'y trouve.
REMARQUE : Les sols peuvent être « partiellement cimentés », « peu cimentés » ou « friables » si les grains ne sont que faiblement cimentés par la glace. Si la cimentation par la glace est forte, le sol est dit « bien cimenté ». La distinction à faire entre le pergélisol cimenté par la glace et le pergélisol renfermant de la glace qui ne joue pas le rôle de ciment est particulièrement importante quand il s'agit d'un *pergélisol sous-marin* où la salinité de l'*eau interstitielle* empêche la glace de jouer le rôle d'un ciment. On peut recourir à des méthodes géophysiques sismiques pour délimiter le pergélisol cimenté par la glace, mais il faut éviter d'utiliser le terme « pergélisol défini acoustiquement » sauf si l'on veut décrire la méthode utilisée pour déterminer les conditions du pergélisol.
SOURCES : Pihlainen et Johnston, 1963 ; Linell et Kaplar, 1966 ; Johnston, 1981 ; Hunter, 1984 ; Sellmann et Hopkins, 1984.

pergélisol contemporain (voir *pergélisol en équilibre*)

pergélisol contenant de la glace (voir aussi *pergélisol cimenté par la glace*)

[permafrost, ice-bearing]

Pergélisol ayant une certaine *teneur en glace*.

pergélisol continu (voir aussi *limite du pergélisol; pergélisol alpin; pergélisol discontinu*)

[permafrost, continuous]

Pergélisol couvrant toute la superficie du sous-sol d'une région à l'exception de sites très dispersés, composés notamment de sédiments récemment déposés non consolidés, où le climat vient de commencer à influer sur le *régime thermique du sol* causant la formation d'un pergélisol continu (fig. 1).

REMARQUE : Pour les besoins des travaux de construction, il faut prévoir la détection des petits *taliks* qui se trouvent dans le pergélisol continu.

SOURCES : Hamelin et Cook, 1967; Brown, 1970b.

pergélisol cosmique

[permafrost, planetary]

Pergélisol situé sur d'autres corps cosmiques (planètes, lunes, astéroïdes).

REMARQUE : On observe sur Mars une grande variété de formes de relief associées au pergélisol; il y aurait dans le sous-sol de cette planète de grandes quantités d'eau ou de glace. Sur les lunes de Jupiter (Callisto, Ganymède et Europe) et de Saturne (Titan), il y aurait de la glace d'eau parfois combinée à de la glace de méthane ou à des *hydrates de gaz*. La plupart des astéroïdes et des lunes du système solaire sont pergélisolées (température du sol au-dessous de 0 °C); cependant, en l'absence de toute eau, leur pergélisol n'est pas gelé mais cryotique. Tous ces corps cosmiques contiennent des matériaux gelés.

SOURCES : Anderson et coll., 1973; Fanale et Clark, 1983.

pergélisol de plateau (à éviter; voir *pergélisol alpin*)

pergélisol discontinu (voir aussi *limite du pergélisol; pergélisol alpin; pergélisol continu*)

[permafrost, discontinuous]

Pergélisol couvrant certaines parties du sous-sol d'une région où l'on trouve également des zones non pergélisolées (fig. 1).

REMARQUE : La zone de pergélisol discontinu s'étend entre la zone de *pergélisol continu* et la limite méridionale du pergélisol, dans les régions non montagneuses. Près de sa limite septentrionale, le pergélisol discontinu est répandu, tandis que près de sa limite méridionale, il se présente sous forme d'îlots isolés, d'où l'appellation « pergélisol sporadique ». Il n'existe pas de nette démarcation entre la zone de *pergélisol continu* et la zone de pergélisol discontinu.

SOURCES : Hamelin et Cook, 1967; Brown, 1970b.

pergélisol en déséquilibre (voir aussi *pergélisol en équilibre; pergélisol relictuel; pergélisol sous-marin*)

[permafrost, disequilibrium]

Pergélisol qui n'est pas en équilibre thermique avec la température moyenne annuelle de la surface du sol ou du fond océanique et avec le flux géothermique.

SOURCE : Mackay, 1972a.

pergélisol en équilibre (voir aussi *pergélisol en déséquilibre; pergélisol relictuel; pergélisol sous-marin*)

[permafrost, equilibrium]

Pergélisol en équilibre thermique avec la température moyenne annuelle de la surface du sol ou du fond océanique et avec le flux géothermique.

SYNONYME : pergélisol contemporain.

SOURCE : Mackay, 1972a.

pergélisol épigénétique (voir aussi *pergélisol syngénétique*)

[permafrost, epigenetic]

Pergélisol qui s'est formé après le dépôt du sol dans lequel il se trouve.

pergélisol relictuel (voir aussi *glace relictuelle; pergélisol en déséquilibre; pergélisol en équilibre*)

[permafrost, relict]

Pergélisol reflétant des conditions climatiques antérieures, différentes des conditions actuelles.

REMARQUE : Le pergélisol relictuel s'est formé lorsque la température de la surface du sol était différente (généralement plus basse) de la température actuelle ; sa température est par conséquent en déséquilibre avec la température moyenne annuelle à la surface du sol. Ce pergélisol continue d'exister à des endroits où il ne pourrait pas se former de nos jours.

SOURCE : Mackay et coll., 1972.

pergélisol salin (voir aussi *cryopeg*)

[permafrost, saline]

Pergélisol dont une partie ou toute la teneur en eau n'est pas gelée à cause d'un *abaissement du point de congélation* attribuable à la salinité de l'*eau interstitielle*.

REMARQUE : Le pergélisol salin se trouve dans les *cryopegs*. Aux températures plus basses que la *température de nucléation de la glace*, une *teneur en eau non gelée* supérieure à la normale subsiste à cause de la salinité accrue de l'*eau interstitielle* restante.

pergélisol sec (voir aussi *pergélisol stable au dégel*)

[permafrost, dry]

Pergélisol ne contenant ni eau libre ni glace.

REMARQUE : Ce type de pergélisol peut contenir une quantité négligeable d'humidité sous forme d'eau interfaciale (voir *eau interstitielle*). Le pergélisol sec est stable au dégel.

SOURCES : Tricart et Cailleux, 1967 ; van Everdingen, 1976.

pergélisol sensible au dégel (voir aussi *construction dans le pergélisol, méthodes de ; pergélisol à haute teneur en glace ; pergélisol stable au dégel*)

[permafrost, thaw-sensitive]

Pergélisol qui au dégel subit un tassement important et une perte de résistance dont la valeur est de beaucoup inférieure à celle de matériaux similaires non gelés.

REMARQUE : Le *pergélisol à haute teneur en glace* est sensible au dégel.

SOURCES : Linell et Kaplar, 1966 ; van Everdingen, 1976.

pergélisol sous-marin (voir aussi *pergélisol contenant de la glace ; pergélisol cimenté par la glace ; pergélisol en déséquilibre ; pergélisol en équilibre*)

[permafrost, subsea]

Pergélisol situé sous le fond de l'océan (fig. 1 et 11).

REMARQUE : Le pergélisol sous-marin résulte de températures négatives de l'eau près du fond de l'océan. Il a pu également se former dans des zones côtières actuellement submergées mais qui étaient auparavant exposées à des températures de l'air au-dessous de 0 °C (*pergélisol relictuel*). Une bonne partie du *pergélisol cimenté par la glace* situé sous le fond de l'océan a été détecté par levés géophysiques acoustiques ; c'est la raison pour laquelle on a utilisé l'expression « pergélisol localisé acoustiquement » pour décrire le pergélisol qui existe dans les zones pour lesquelles les données de température n'existent pas et où il n'est pas possible de constater visuellement s'il y a cimentation par la glace.

SOURCES : Mackay, 1972a ; Hunter et coll., 1976.

pergélisol sporadique (voir *pergélisol discontinu*)

pergélisol stable au dégel (voir aussi *pergélisol sec ; pergélisol sensible au dégel*)

[permafrost, thaw-stable]

Pergélisol qui, au dégel, ne subit ni tassement important ni perte de résistance.

REMARQUE : Le pergélisol stable au dégel peut présenter une composition minérale et une granulométrie semblables à celles du

pergélisol sensible au dégel. Il peut en outre être gélif. Le *pergélisol sec* est stable au dégel.
SOURCE : Linell et Kaplar, 1966.

pergélisol syngénétique (voir aussi *pergélisol épigénétique*)
[permafrost, syngenetic]
Pergélisol formé plus ou moins en même temps que la formation qu'il occupe.

périglaciaire
[periglacial]
Qualifie les conditions, les processus et les formes de relief associés au froid, en milieu non glaciaire.

REMARQUE : Ce terme qualifiait à l'origine les conditions climatiques et géomorphologiques des zones périphériques aux glaciers et calottes glaciaires du Pléistocène. Cependant, son usage s'est élargi de façon à englober une plus grande gamme de situations spatiales ou temporelles en climat froid avec ou sans la présence d'un glacier à proximité. Les milieux périglaciaires ne sont pas tous pergélisolés, mais tous sont soumis aux processus de *gélivation*.
SOURCES : Dylik, 1964 ; Hamelin et Cook, 1967 ; French, 1976 ; Washburn, 1979.

période zéro
[zero curtain]
Période au cours de laquelle la température demeure près du point de congélation au cours de l'engel annuel (et parfois au cours du dégel) du *mollisol* (fig. 6).

REMARQUE : La période zéro résulte de la dissipation de la chaleur latente de fusion de l'eau au cours de l'engel ou du dégel du sol. Elle peut durer pendant plusieurs heures ou semaines compte tenu principalement de la teneur en eau du sol, du manteau nival et des températures de l'air. Bien que la période zéro puisse se produire dans des zones non pergélisolées, elle est plus longue dans les zones pergélisolées, en particulier au cours de l'engel du *mollisol*.

La période zéro n'est pas seulement un facteur important de l'engel et du dégel des terrains non perturbés mais elle est également un facteur important de la *gélivation*, du regel du sol (remblai ou coulis) autour des fondations, etc. et elle peut se traduire par des modifications importantes du régime thermique du *mollisol* et du pergélisol.
SOURCES : Muller, 1943 ; Brewer, 1958 ; French, 1976 ; Washburn, 1979.

permittivité relative (voir *propriétés électriques du gélisol*)

pieu thermique (voir aussi *thermosiphon*)

[thermal pile]

Pieu de fondation sur lequel on a installé un système de refroidissement à convection naturelle ou à circulation forcée pour dissiper la chaleur provenant du sol (fig. 24).

REMARQUE : Il existe deux types de pieux thermiques. Les systèmes passifs ou à convection naturelle comportant des appareils à fonctionnement automatique, couramment appelés thermosiphons ou tuyaux thermiques, qui ne fonctionnent que lorsque la température de l'air est plus basse que la température du sol. Les systèmes de réfrigération à circulation forcée nécessitent un équipement électrique et mécanique externe pour permettre la circulation de frigorigènes (liquide antigel, gaz refroidis ou air froid); ils peuvent fonctionner à l'année ou seulement en hiver. Ces deux types de systèmes peuvent être attachés à un pieu ou en faire partie ou, s'il s'agit d'un pieu scellé comme un tuyau d'acier, le pieu peut servir à la fois dappareil de dissipation de la chaleur et d'élément structural.

Les pieux thermiques sont employés pour accélérer le *regel* du coulis et du sol autour des pieux, pour prévenir ou contrôler la *régression du pergélisol* à long terme et pour faire diminuer les températures du sol autour des pieux, en particulier dans les zones de pergélisol faiblement cryotique.

SOURCES : Heuer, 1979; Johnston, 1981.

pingo

[pingo]

Butte cryogène pérenne composée d'un noyau de glace massive produit principalement par injection d'eau et recouvert de sol et de végétation.

REMARQUE : Les pingos se forment dans les zones de *pergélisol continu* et *discontinu*. Il s'agit d'un terme inuktitut employé au Canada dans le delta du Mackenzie pour désigner des monticules assez gros dont la hauteur est de 10 m ou plus et dont le diamètre horizontal est souvent supérieur à 100 m. La plupart des pingos sont de forme conique, quelque peu asymétrique; leur base est circulaire ou ovale et leur sommet fissuré peut être cratériforme. Les fissures et les cratères résultent de la rupture du sol et de la couverture végétale au cours du bombement causé par le développement progressif du noyau de glace (voir *fissure de dilatation*). Les *buttes cryogènes* temporaires, comme les *buttes saisonnières à noyau de glace* par exemple, ne devraient pas être appelées pingos.

SYNONYME : (à éviter) hydrolaccolite.

SOURCES : Porsild, 1938; Hamelin et Cook, 1967; Pissart, 1967; Mackay, 1973b, 1979; Washburn, 1979.

pingo du Groënland (à éviter; voir *pingo en système ouvert*)

pingo du Mackenzie (à éviter; voir *pingo en système fermé*)

pingo effondré (voir aussi *pingo*)

[pingo remnant]

Forme résiduelle causée par la dégradation d'un pingo (fig. 19c).

REMARQUE : Dans les milieux pergélisolés actuels, le pingo effondré se présente habituellement sous la forme d'une crête basse, circulaire ou arquée; cette crête est composée de matériaux résultant de l'effondrement des flancs du pingo au cours du dégel. L'ancien noyau de glace a fait place à une dépression qui est parfois remplie d'eau.

SOURCES : Hamelin et Cook, 1967; Black, 1969; Washburn, 1979.

pingo en système fermé (voir *glace de pingo)*

[pingo, closed-system]

Pingo résultant du bombement du gélisol causé par le gel de l'eau d'injection provenant de l'*eau interstitielle* expulsée au cours de l'*accroissement du pergélisol* dans le *talik* fermé se trouvant sous une ancienne nappe d'eau (fig. 18 et 19a).

REMARQUE : La plupart des pingos en système fermé se trouvent dans des terrains plats mal drainés, appartenant à la zone de *pergélisol continu*. Les injections répétées d'eau expulsée dans le pergélisol sus-jacent, suivies du gel de l'eau d'injection, font progressivement bomber le sol et produisent la *glace massive* qui forme le noyau du pingo. La formation progressive de *glace de ségrégation* et de *glace de fissure de dilatation* peut également contribuer à la croissance du *pingo*.

SYNONYME : (à éviter) pingo du Mackenzie.

SOURCES : Pissart, 1970; Mackay, 1973b, 1979, 1985.

pingo en système ouvert (voir aussi *butte saisonnière à noyau de glace; glace de pingo*)

[pingo, open-system]

Pingo formé par le bombement du gélisol résultant du gel de l'eau d'injection d'origine souterraine qui descend à travers les *taliks* jusqu'au site du pingo où elle remonte vers la surface (fig. 19b).

REMARQUE : La plupart des pingos en système ouvert se trouvent dans des zones à relief accidenté ou près de ces zones, surtout dans la zone de *pergélisol discontinu*. Le potentiel hydraulique élevé de ces zones, attribuable au fait que l'eau prend sa source dans des zones élevées, provoque l'injection répétée de l'eau dans les parties les plus faibles du pergélisol, où elle gèle. Ce phénomène est à l'origine de la *glace massive* qui forme le noyau du pingo.

SYNONYME : (à éviter) pingo du Groënland.

SOURCES : Müller, 1959; Hughes, 1969; Pissart, 1970.

pingo fossile (voir aussi *pingo*)
[pingo scar]
Pingo effondré situé dans un milieu actuellement non pergélisolé.
REMARQUE : La présence de pingos fossiles indique l'existence antérieure de conditions propices au pergélisol.
SOURCE : Flemal, 1976.

pipkrake (voir *aiguille de glace*)

plafond du pergélisol (voir aussi *base du pergélisol*)
[permafrost table]
Limite supérieure du pergélisol (fig. 2 et 4).
REMARQUE : La profondeur de cette limite située sous la surface du sol, que celui-ci soit exposé ou recouvert d'une nappe d'eau ou de glace de glacier, varie en fonction de divers facteurs locaux comme le relief, l'exposition au soleil, l'effet isolant de la végétation et de la neige, le drainage, la granulométrie et le degré de classement des particules du sol, ainsi que les propriétés thermiques du sol et des roches.
SYNONYME : sommet du pergélisol.
SOURCES : Muller, 1943 ; Stearns, 1966 ; Hamelin et Cook, 1967 ; Washburn, 1979.

plancher du pergélisol (voir *base du pergélisol*)

plateau palsique (voir aussi *palse ; plateau palsique à polygones*)
[peat plateau]
Étendue de tourbe surélevée et au sommet généralement plat, dominant la majeure partie d'une *tourbière* et contenant de la *glace de ségrégation* qui peut pénétrer jusqu'au sol minéral sous-jacent (fig. 14 et 15b).
REMARQUE : On ne peut pas dire avec certitude si les plateaux palsiques et les *palses* sont des variations morphologiques du même phénomène ou si leur genèse est différente. Les couches ou les lentilles de *glace de ségrégation* se forment principalement dans le sol minéral, mais elles sont plus minces et plus étendues dans les plateaux palsiques que dans les *palses*. Les *tourbières* à surface plate et quelque peu soulevées qui ne contiennent pas de noyau de glace sont observées dans les environnements non pergélisolés. Il ne s'agit donc pas de plateaux palsiques.
SOURCES : Brown, 1970a ; Zoltai, 1972 ; Zoltai et Tarnocai, 1975 ; Dionne, 1978b.

plateau palsique à polygones (voir aussi *plateau palsique*)

[polygonal peat plateau]

Plateau palsique sur lequel se sont formés des polygones à coins de glace (fig. 15c).

REMARQUE : On trouve en général les plateaux palsiques à polygones près de la limite séparant les zones de pergélisol discontinu et continu.

SOURCES : Zoltai et Tarnocai, 1975; Zoltai et Pollett, 1983.

polygone (voir aussi *sol structuré*)

[polygon]

Type de *sol structuré* composé d'une figure fermée, relativement équidimensionnelle et limitée par des côtés plus ou moins rectilignes; certains côtés peuvent être irréguliers (fig. 16a, b).

REMARQUE : Les macropolygones, dont le diamètre est généralement de 15 à 30 m, résultent de la fissuration par contraction thermique du sol qui se traduit par une figuration polygonale avec ou sans orientation. Ces polygones se forment dans des terrains à sol minéral ou dans des *tourbières* (voir *plateau palsique à polygones*). Les polygones à coins de glace sont nombreux dans les zones mal drainées; leur centre peut être convexe ou concave. Les polygones à coin de sable se forment aux endroits où, sous les côtés des polygones, se trouvent des coins à remplissage minéral primaire. Certains polygones peuvent résulter de la fissuration causée par le gel saisonnier dans des régions de *gel saisonnier* profond.

Les micropolygones, de diamètre inférieur à 2 m, sont habituellement causés par des fissures de dessiccation.

SYNONYME : polygone gélival.

SOURCES : Hamelin et Cook, 1967; Rapp et Clark, 1971; Washburn, 1979.

polygone à centre concave (voir *polygone*)

polygone à centre convexe (voir *polygone*)

polygone gélival (voir *polygone*)

potentiel de ségrégation

[segregation potential]

Rapport du taux de migration de l'eau au gradient de température dans un sol gelé, près de l'isotherme 0 °C.

REMARQUE : Paramètre technique couplant le flux massique (eau) et le flux thermique d'un sol pendant son *engel*. Certains chercheurs l'utilisent pour prédire l'ampleur du *soulèvement dû au gel*.

SOURCES : Nixon, 1982; Konrad et Morgenstern, 1983, 1984.

pression de gel

[freezing pressure]

Pression positive (de soulèvement) s'exerçant aux interfaces glace-eau dans un sol qui gèle.

REMARQUE : Ce phénomène se traduit aussi par une « pression de soulèvement » qui peut soulever des installations de services publics, des fondations et des chaussées. Les interfaces glace-eau se situent au contact des *lentilles de glace* et de la *frange gelée*.

SOURCES : Jumikis, 1977 ; Andersland et Anderson, 1978 ; Johnston, 1981 ; Gilpin, 1982.

pression de soulèvement (voir *pression de gel*)

profondeur de dégel (voir aussi *mollisol*)

[depth of thaw]

Distance entre la surface du sol et le *front de dégel* à un moment donné durant la période de dégel annuel (fig. 4).

profondeur de l'amplitude annuelle nulle

[depth of zero annual amplitude]

Distance entre la surface du sol et le niveau au-dessous duquel il n'y a pratiquement aucune variation annuelle de la température du sol (fig. 2).

REMARQUE : On considère comme négligeable toute variation annuelle de température ne dépassant pas 0,1 °C. La température enregistrée au niveau de l'amplitude annuelle nulle varie de -0,1 °C dans la partie méridionale de la *région pergélisolée* à environ -20 °C dans l'extrême nord de la zone de *pergélisol continu*. La profondeur du niveau d'amplitude annuelle nulle est très variable, mais elle se situe en général entre 10 et 20 m sous la surface du sol, suivant les conditions climatiques et la nature du terrain, notamment l'amplitude de la variation annuelle de la température de surface, la végétation, le manteau nival et la nature du sol et de la roche, y compris la diffusivité thermique (voir *propriétés thermiques du gélisol*).

propriétés électriques du gélisol

[electrical properties of frozen ground]

La « constante diélectrique » (ou « permittivité relative »), la « conductance » et la « résistivité électrique » sont les principales propriétés électriques qui régissent le passage du courant électrique dans le gélisol.

REMARQUE : La constante diélectrique d'un sol mesure la capacité du sol à emmagasiner de l'énergie électrique en présence d'un champ électrostatique ; elle est le rapport de la permittivité du sol à la permittivité des vides interstitiels. La conductance d'un sol est l'inverse de la résistance du sol au passage du courant.

Dans un sol gelé, il s'établit un gradient de courant électrique presque exclusivement à travers les pellicules d'eau non gelée. La conduction électrique est fonction de l'épaisseur de ces pellicules d'eau ; de plus, elle diminue lorsque la température diminue et augmente

lorsque la pression augmente. Elle dépend également du degré d'interconnexion des pellicules. Par conséquent, toutes ces propriétés électriques varient en fonction du type, de la densité, de la salinité, de la température et, en particulier, de la *teneur en eau non gelée* du sol.

C'est ainsi qu'une diminution de la température se traduit par une légère augmentation de la résistivité des sols non gelés. On observe une augmentation significative de la résistivité lorsque le sol gèle, mais cette augmentation est directement liée à la *teneur en eau non gelée* du *gélisol*. Les données actuelles indiquent que la résistivité des sols et des roches gelés peut être de 10 à plus de 100 fois supérieure à celle des mêmes matériaux non gelés.

L'utilisation de techniques électromagnétiques pour cartographier le pergélisol ainsi que la mise à la terre de divers types de machines et d'équipements électriques, de systèmes de transmission d'énergie et d'antennes de transmission radio dans les régions pergélisolées nécessitent une certaine connaissance des propriétés électriques du gélisol.

SOURCE : Johnston, 1981.

propriétés mécaniques du gélisol

[mechanical properties of frozen ground]

Propriétés du *gélisol* déterminant sa déformabilité et sa résistance.

REMARQUE : (1) Propriétés sous charge quasi statique :

Du fait qu'ils contiennent de la glace et des pellicules d'eau non gelées, les sols gelés soumis à une charge quasi statique ont un comportement différent de celui des sols non gelés. Ils sont plus susceptibles au fluage et à la relaxation et les variations de température influent fortement sur leur comportement. Quand, dans les sols gelés, la *teneur en eau non gelée* est élevée, il peut se produire, en plus du fluage, une consolidation volumétrique.

Comme dans les sols non gelés, la résistance des sols gelés dépend du frottement intergranulaire, de l'enchevêtrement des grains et de leur cohésion. Dans les sols gelés, toutefois, la cimentation des grains par la glace constitue le principal facteur de résistance. La présence de pellicules d'eau non gelées autour des particules du sol contribue cependant à réduire la liaison intergranulaire. La résistance de la glace dans un sol gelé dépend de nombreux facteurs, notamment de la température, de la pression, de la vitesse de déformation, de la granulométrie, de l'orientation des cristaux et de la densité. Lorsque la *teneur en glace* est très élevée, le comportement du sol gelé sous charge est semblable à celui de la glace. Lorsque la *teneur en glace* est faible, c'est-à-dire lorsque les forces intergranulaires commencent à intervenir, les pellicules d'eau non gelée jouent un rôle important, en particulier dans les sols gelés à grain fin.

(a) Déformabilité et résistance :

La déformabilité et la résistance d'un sol gelé peuvent être analysées en recourant à des essais spécialement conçus pour être réalisés en chambre froide ou sur place. Les variables élastiques quasi statiques évaluées par ces essais sont le module de Young et le coefficient de Poisson pour une réponse à court terme, et les paramètres

du fluage (utilisés dans une équation de fluage) pour une réponse à long terme. De plus, ces essais servent à calculer la résistance en fonction du temps ou en fonction de la vitesse de déformation. La résistance varie habituellement d'une valeur élevée (court terme) à faible (long terme). Ce dernier paramètre détermine le comportement du sol gelé soumis à une charge constante. Lorsqu'ils sont soumis à des contraintes de confinement élevées et à des températures de congélation relativement élevées, la plupart des sols gelés font l'objet d'un fluage et montrent une rupture plastique. D'autre part, lorsqu'ils sont comprimés dans des conditions de contraintes de confinement faible ou de contraintes de traction combinées à des températures basses, de nombreux sols gelés deviennent plus fragiles et cassants par suite de la propagation de fissures de traction.

(b) Compressibilité des sols gelés :

Les sols gelés sont habituellement considérés comme pratiquement incompressibles; c'est pourquoi les déformations dues à un changement de volume peuvent être négligées comparativement aux déformations dues au fluage. Les travaux de recherche portant sur divers types de sols gelés à différentes températures de congélation indiquent, toutefois, que la compressibilité des sols gelés peut jouer un rôle important et qu'il faudrait en tenir compte, dans certains cas, en particulier lorsque de grandes surfaces sont soumises à une charge.

Le lien à établir entre la compressibilité et le facteur temps dans les sols gelés est attribuable, entre autres, à la compression instantanée de la phase gazeuse, au fluage de la *glace interstitielle* résultant de contraintes de cisaillement aux contacts intergranulaires et à la consolidation hydrodynamique résultant de l'expulsion de l'eau non gelée sous une contrainte dont l'intensité varie en fonction de la pression exercée.

(2) Propriétés dynamiques du gélisol :

Il est important de connaître les propriétés dynamiques des sols gelés surtout pour prévoir le comportement des ouvrages soumis à des forces sismiques ou vibratoires et évaluer les résultats de levés sismiques réalisés en milieu pergélisolé.

Les propriétés dynamiques sont exprimées soit par deux paramètres d'élasticité dynamiques (le module d'élasticité dynamique et le coefficient dynamique de Poisson), soit par les vitesses de propagation des ondes de compression et des ondes de cisaillement dans le matériau. Ces deux séries de paramètres dynamiques sont liées par la théorie de l'élasticité.

Les paramètres d'élasticité dynamique fondés sur les vitesses de propagation des ondes sont différents de ceux tirés des résultats de tout essai de charge statique, étant donné que ces derniers tiennent compte des effets supplémentaires de la relaxation élastique et du fluage. Les paramètres qui influent sur les vitesses d'onde de compression et de cisaillement dans les sols et les roches sont notamment la granulométrie, la lithologie, la *teneur en eau totale*, la porosité et la structure des pores, la nature, la température et le degré de congélation de l'*eau interstitielle*, le degré de cimentation et la pression de confinement.

À cause de leur teneur en glace, les vitesses sismiques sont généralement plus grandes dans les sols et les roches gelés que dans les mêmes matériaux non gelés. Les vitesses peuvent varier graduellement à mesure que les températures descendent sous 0 °C, à condition que règnent dans le sol les conditions nécessaires à l'*abaissement du point de congélation*.

SOURCES : Garg, 1973 ; Tsytovich, 1973 ; King et coll., 1974 ; Vinson, 1978 ; Johnston, 1981.

propriétés thermiques du gélisol

[thermal properties of frozen ground]

Propriétés du sol influant sur l'écoulement de la chaleur et les conditions de gel et de dégel.

REMARQUE : La position de l'interface entre le sol dégelé et le sol gelé par rapport à la surface du sol pour un régime donné de température en surface dépend des propriétés thermiques des strates situées au-dessus et immédiatement au-dessous de cette interface. Les principales propriétés thermiques du gélisol sont la conductivité thermique, la capacité calorifique et la chaleur de fusion.

La conductivité thermique est la quantité de chaleur qui traverse une substance par unité de surface pendant une unité de temps en fonction d'un gradient de température unitaire.

La capacité calorifique massique est la quantité de chaleur nécessaire pour faire augmenter la température d'une substance d'un degré par unité de masse. La capacité calorifique volumique est la quantité de chaleur nécessaire pour faire augmenter la température d'une substance d'un degré par unité de volume. Elle est égale à la capacité calorifique massique multipliée par la densité. Comme le changement de phase dans les sols gelés est souvent progressif et continu, on utilise le terme « capacité calorifique apparente » pour désigner le taux de changement de la teneur calorifique totale en fonction de la température.

La chaleur latente volumique de fusion est la quantité de chaleur nécessaire pour faire fondre la glace (ou congeler l'eau) dans un volume unitaire de sol. Lorsque le changement de phase se produit dans un écart de température, la chaleur latente se traduit par une augmentation apparente et importante de la capacité calorifique.

La diffusivité thermique est définie comme le rapport de la conductivité thermique à la capacité calorifique volumique. Elle représente la facilité d'un matériau à subir des changements de température.

Ces propriétés thermiques varient en fonction de la composition des phases, donc en fonction de la température, du type de sol, de la teneur en eau, de la porosité, du degré de saturation, de la densité et de la teneur en matière organique.

SOURCE : Johnston, 1981.

R

regel

[freezeback]

Engel de matériaux dégelés.

REMARQUE : Ce terme désigne :

1. le regel annuel du *mollisol* dégelé (fig. 4), ou
2. le regel du sol dégelé par suite de travaux de construction ou du forage d'un puits dans le pergélisol et le regel d'un sol servant de remblai ou utilisé dans un coulis autour de fondations ou d'ouvrages enterrés ou enfoncés dans le gélisol, notamment de pipelines, pieux ou fondations peu profondes dans le pergélisol.

SOURCE : Johnston, 1981.

régime thermique du sol

[ground thermal regime]

Terme général désignant la distribution de la température et des flux thermiques dans le sol en fonction du temps (fig. 2).

REMARQUES : Le pergélisol existe si les conditions thermiques du sol empêchent l'élévation de sa température au-dessus de 0 °C pendant au moins deux ans. La distribution de la température dans le sol est complexe, variant en fonction de la profondeur et du temps. Les températures du sol fluctuent de façon cyclique, que ce soit au cours d'une journée ou au cours d'une année, réagissant aux pertes et aux gains de chaleur subis par la surface du sol. Le bilan thermique de la surface du sol (qui est indiqué par la température de surface) varie beaucoup avec le temps, subissant l'influence des conditions climatiques, de la nature du terrain et des propriétés thermiques du sol.

Les variations de la température de surface ont sur le sol des répercussions qui diminuent avec la profondeur. La vitesse d'atténuation dépend de l'échelle temporelle utilisée, des propriétés thermiques du sol et des phénomènes d'engel et de dégel. La profondeur au-delà de laquelle les fluctuations de la température du sol peuvent être considérées négligeables est la *profondeur de l'amplitude annuelle nulle*. Les effets des variations quotidiennes de la température à la surface du sol ne dépassent pas quelques centimètres; les effets des variations hebdomadaires, p. ex. les systèmes météorologiques transitoires, peuvent atteindre plusieurs mètres de profondeur et les variations annuelles, une profondeur approximative de 10 à 20 mètres. Les variations à plus long terme de la température de surface causées par des changements climatiques et par des modifications de la surface du terrain peuvent modifier le régime thermique du sol à des profondeurs beaucoup plus grandes.

Pour qu'il y ait pergélisol, il faut que la température annuelle moyenne de la surface se maintienne au-dessous de 0 °C pendant au moins deux ans. Bien que la température annuelle moyenne de la surface puisse être au-dessous de 0 °C, la température de la surface fluctue au cours de l'année causant le dégel en été et le gel en hiver d'une couche de sol située près de la surface (*mollisol*). Il suffit que l'amplitude annuelle de la température de la surface et la température annuelle moyenne de la surface soient, d'une année à l'autre ou pendant quelques années, quelque peu modifiées pour que la couche de sol située entre la base du *mollisol* et le *plafond du pergélisol* soit maintenue au-dessus de 0 °C, créant ainsi un *talik* ou une *couche dégelée résiduelle*.

La température annuelle moyenne du sol augmente habituellement en fonction de la profondeur. Toutefois, dans certaines régions nordiques, il n'est pas rare de constater que la température annuelle moyenne du sol diminue dans la tranche supérieure du sol (de 50 à 100 mètres) par suite de changements climatiques anciens ou de modifications subies par la surface du terrain. Au-delà de cette profondeur, cependant, la température du sol augmente à cause du flux de chaleur provenant de l'intérieur de la Terre. L'augmentation de la température en fonction de la profondeur est appelée « gradient géothermique ». Le « flux géothermique » est la quantité de chaleur que la Terre libère continuellement par conduction à travers une surface unitaire par unité de temps. Comme il correspond généralement au produit du gradient géothermique par la conductivité thermique du sol à une profondeur donnée, sa valeur est très petite.

On peut déterminer le gradient géothermique à un endroit particulier en mesurant avec précision la température du sol à différentes profondeurs afin dobtenir le profil de température sur une période donnée. On peut obtenir une approximation brute de la température annuelle moyenne de la surface en extrapolant le gradient géothermique jusqu'à la surface du sol. Dans les régions pergélisolées, l'extrapolation vers le bas du gradient jusqu'au point où la température du sol devient supérieure à 0 °C, permet de déterminer à quelle profondeur se trouve la *base du pergélisol*. Pour connaître le régime thermique du sol à divers endroits, on recourt souvent à la température annuelle moyenne du sol à la *profondeur de l'amplitude annuelle nulle*.
SOURCES : Lachenbruch, 1959 ; Gold, 1967 ; Gold et Lachenbruch, 1973 ; Goodrich, 1982.

région pergélisolée (voir aussi *cryosphère; zone de pergélisol*)
[permafrost region]
Région dont une partie ou l'ensemble du sol se maintient à une température égale ou inférieure à O °C pendant au moins deux ans.
REMARQUE : La région pergélisolée se divise habituellement en *zones de pergélisol* (fig. 1).

régression du pergélisol (voir aussi *accroissement du pergélisol*)
[permafrost degradation]
Diminution d'origine naturelle ou artificielle de l'épaisseur ou de la superficie du pergélisol.

REMARQUE : La régression du pergélisol résulte du réchauffement du climat ou de changements dans les conditions du terrain, tels que la perturbation ou l'enlèvement de la couche de végétation isolante par le feu ou par une crue, par exemple lorsqu'un cours d'eau est bloqué par un glissement de terrain, ou par des activités anthropiques. Elle se traduit par un épaississement du *mollisol*, un abaissement du *plafond du pergélisol*, une élévation de la *base du pergélisol* ou une réduction de la superficie du pergélisol, voire même sa disparition complète.

relief à noyaux de glace (voir aussi *modelé de thermokarst*)
[ice-cored topography]
Relief résultant presque uniquement de la présence de quantités variables de *glace en excès* dans le sol.

REMARQUE : Le relief peut être entièrement ou partiellement tributaire des processus thermokarstiques, de la formation irrégulière de *glace de sol*, en particulier de *glace de ségrégation*, ou de la présence de glace de glacier enfouie. La colline appelée « Involuted Hill », près de Tuktoyaktuk (T. N.-O.), en est un exemple.
SOURCES : Rampton, 1974, Rampton et Walcott, 1974.

remplissage de coin de glace (voir *fente en coin fossile*)

remplissage de fente en coin (voir *fente en coin fossile*)

replat d'altiplanation (voir *terrasse d'altiplanation*)

replat de solifluxion (voir *formes dues à la solifluxion*)

replat goletz (voir *terrasse d'altiplanation*)

reptation due au gel (voir aussi *fluage du gélisol; gélivation; gélifluxion; solifluxion*)
[frost creep]
Déplacement net le long d'une pente, au cours d'un cycle de gel et de dégel, causé par un soulèvement du sol perpendiculaire à la pente, suivi d'une descente à peu près verticale.
SOURCES : Benedict, 1970; Washburn, 1979.

réseau (voir *sol structuré*)

résistance de la congélation adhérente (voir aussi *congélation adhérente*)

[strength, adfreeze]

Force que deux objets soudés par de la glace opposent à l'effort de traction ou de cisaillement nécessaire pour les séparer.

REMARQUE : Ce terme est habituellement employé pour décrire la résistance à la force nécessaire pour séparer un *gélisol* ou une masse de glace d'un objet (le plus souvent un élément de fondation) auquel il ou elle adhère par congélation. L'effort de cisaillement nécessaire pour séparer un objet d'un *gélisol* est souvent appelé « résistance tangentielle à la congélation adhérente ».

SOURCES : Muller, 1943 ; Johnston, 1981.

résistivité électrique (voir *propriétés électriques du gélisol*)

rupture du mollisol (voir aussi *rupture par décollement*)

[active layer failure]

Terme général désignant plusieurs formes de rupture de pentes ou plusieurs mécanismes de rupture se produisant habituellement dans les *régions pergélisolées* (fig. 21a).

REMARQUE : Ce terme englobe les *ruptures par décollement*, mais pas les *glissements dus au dégel* ni les *glissements régressifs dus au dégel*, processus dans lesquels intervient le pergélisol.

rupture par décollement (voir aussi *rupture du mollisol*)

[detachment failure]

Rupture de versant caractérisée par le fait que le *mollisol*, complètement ou partiellement dégelé, et le tapis de végétation qui le recouvre, se décollent des matériaux gelés sous-jacents (fig. 21b).

REMARQUE : Les ruptures par décollement se produisent fréquemment sur les versants colluviaux dans les zones de sédiments fins et riches en glace. Ils sont plus fréquents lorsque les étés sont chauds ou lorsque la végétation ou la surface du sol a été perturbée, par exemple, par un incendie de toundra ou de forêt, ou encore par des travaux de construction aux endroits où la *profondeur de dégel* est supérieure à la normale. Les ruptures par décollement qui mettent à jour de la *glace massive* ou des sédiments contenant de la glace peuvent provoquer des *glissements régressifs dus au dégel*.

SOURCES : Hughes, 1972 ; McRoberts et Morgenstern, 1974.

S

ségrégation de la glace (voir aussi *glace de ségrégation*)
[ice segregation]
Formation de *glace de ségrégation* dans des sols minéraux ou organiques.
REMARQUE : Le migration de l'*eau insterstitielle* vers le *front de gel* provoque une ségrégation de la glace.
SOURCES : Miller, 1972; Penner, 1972.

sol cryosolique (voir *cryosol*)

sol cryotique (voir aussi *gélisol; pergélisol; sol non cryotique*)
[cryotic ground]
Sol ou roche dont la température est égale ou inférieure à 0 °C.
REMARQUE : Les termes « cryotique » et « non cryotique » ont été créés pour résoudre un problème important de sémantique qui avait été signalé par Brown et Kupsch (1974), c'est-à-dire l'absence de termes distincts pour désigner les terrains dont la température est supérieure à 0 °C et ceux dont la température est inférieure à 0 °C, par opposition aux terrains « non gelés » (sans glace) et « gelés » (contenant de la glace) (fig. 3). Les adjectifs « cryotique » et « non cryotique » servent seulement à qualifier les matériaux en fonction de la température, sans tenir compte de la teneur en eau ou en glace. Ainsi, « terrain cryotique pérenne » désigne un terrain dont la température demeure égale ou inférieure à 0 °C pendant au moins deux ans; il s'agit donc d'un synonyme de pergélisol.
SOURCES : Brown et Kupsch, 1974; van Everdingen, 1976.

sol dégelé (voir aussi *sol non cryotique; sol non gelé*)
[thawed ground]
Ancien *gélisol* dont toute la glace a fondu.
REMARQUE : Le *sol non gelé* peut être appelé sol dégelé seulement s'il a déjà été gelé. De manière générale, le sol dégelé est non cryotique bien qu'il lui arrive d'être cryotique.
SOURCE : van Everdingen, 1976.

sol dégelé selon les saisons (voir aussi *mollisol*)
[seasonally thawed ground]
Sol qui dégèle tous les ans (fig. 2 et 4)
REMARQUE : Dans les zones pergélisolées, le sol qui dégèle selon les saisons peut inclure la partie supérieure du pergélisol aux endroits où le dégel annuel se produit à des températures au-dessous de 0 °C par suite d'un *abaissement du point de congélation* attribuable à une teneur en eau interstitielle saline ou à une teneur élevée en argile.

sol figuré (voir *sol structuré*)

sol gélif (voir aussi *sol non gélif*)
[frost-susceptible ground]
Sol ou roche dans lequel se forme de la *glace de ségrégation* (causant le *soulèvement dû au gel*) lorsque les conditions d'apport en eau et de température sont satisfaites.

REMARQUE : Un sol gélif contiendra beaucoup de glace quelle que soit sa teneur en eau initiale à condition que les conditions favorables d'apport en eau et de température persistent. Le sol gélif peut, par conséquent, subir aussi les effets de l'*affaiblissement dû au dégel* du sol.
SOURCES : van Everdingen, 1976; Chamberlain, 1981; Konrad et Morgenstern, 1983.

sol géométrique (voir *sol structuré*)

sol non cryotique (voir aussi *sol cryotique; sol dégelé; sol non gelé)*
[noncryotic ground]
Sol ou roche dont la température est supérieure à 0 °C (fig. 2 et 3).

REMARQUE : Le terme sol non cryotique n'est pas synonyme de *sol dégelé* (qui a d'abord été gelé) ni de *sol non gelé* (dont la température peut être inférieure à 0 °C).
SOURCE : van Everdingen, 1976.

sol non gelé (voir aussi *gélisol; sol non cryotique; sol dégelé*)
[unfrozen ground]
Sol ou roche qui ne contient pas de glace.

REMARQUE : Le sol non gelé peut être cryotique ($T < 0$ °C) si un *abaissement du point de congélation* empêche la congélation de l'*eau interstitielle* (fig. 2 et 3) ou s'il n'y a pas d'eau dans le sol (p. ex. le *pergélisol sec*). Il faut réserver le terme *sol dégelé* au sol qui a déjà contenu de la glace.
SOURCE : van Everdingen, 1976.

sol non gélif (voir aussi *sol gélif*)
[frost-stable ground]
Sol (terre ou roche) dans lequel il ne se forme pas ou presque pas de *glace de ségrégation* au cours de lengel annuel.

REMARQUE : À noter qu'il peut se produire dans un sol non gélif une ségrégation cumulative de la glace et un *soulèvement dû au gel* dans des conditions caractérisées par un gel continu et un apport d'eau important.
SOURCES : van Everdingen, 1976; Chamberlain, 1981; Konrad et Morgenstern, 1983.

sol structuré (voir aussi *butte cryogène; formes dues à la solifluxion; ostiole; polygone; thufur*)

[patterned ground]

Générique désignant toute surface de terrain qui présente un arrangement ordonné et plus ou moins symétrique du sol et, s'il y a lieu, du couvert végétal (fig. 16).

REMARQUE : Les sols structurés ne se rencontrent pas seulement dans les *régions pergélisolées*; leur formation est plus courante dans les régions où la *gélivation* est ou a été intensive. Une classification descriptive des sols structurés inclut notamment les formes suivantes : les cercles avec triage et sans triage, les *polygones*, les gradins, les réseaux, les traînées et les formes résultant de la solifluxion. Dans les *régions pergélisolées*, la macroforme dominante est le polygone géant et l'une des microformes les plus répandues est le cercle sans triage. Cette dernière catégorie comprend les flaques de terre, les *buttes de terre*, les cercles de pierres, les *ostioles*, les *buttes gazonnées* et les *thufurs*. Les cercles sans triage ne sont pas tous de même origine. Certains, comme les *buttes de terre* et les flaques de terre, impliquent une *géliturbation* et un soulèvement différentiel des matériaux gélifs. D'autres, comme les *ostioles*, impliquent des pressions hydrauliques et le déplacement diapirique de sédiments saturés d'eau. La genèse de nombreux types de sols structurés n'est pas encore complètement élucidée.

On observe des sols structurés dans les *tourbières* sous forme de *tourbières réticulées* ou sous d'autres formes non énumérées dans le présent glossaire (voir Stanek, 1977 et Stanek et Worley, 1983).

SYNONYMES : sol géométrique, sol figuré.

SOURCES : Washburn, 1956, 1979; Tricart et Cailleux, 1967; Hamelin et Cook, 1967; Mackay et MacKay, 1976; Tarnocai et Zoltai, 1978; Shilts, 1978; Mackay, 1980.

solifluxion (voir aussi *reptation due au gel; gélifluxion*)

[solifluction]

Lente descente de matériaux saturés d'eau le long d'une pente (fig. 16d).

REMARQUE : Le définition originale n'implique pas la présence d'un substrat gelé ni même l'action du gel-dégel (Andersson, 1906). Toutefois, le *fluage du gélisol* peut constituer l'une des composantes de la solifluxion. La vitesse de glissement est très variable. Le terme solifluxion est couramment employé pour désigner les processus qui se produisent à la fois dans les zones de pergélisol et les zones de *gélisol saisonnier*.

SOURCES : Andersson, 1906; St-Onge, 1965; Hamelin et Cook, 1967; Washburn, 1979.

sommet du pergélisol (voir *plafond du pergélisol*)

soulèvement dû au gel (voir aussi *glace en excès; gélivation*)
[frost heave]

Soulèvement vertical ou déplacement latéral de la surface du sol (ou d'objets se trouvant sur ou dans le sol) causé par la formation de glace dans le sol (fig. 7).

REMARQUE : La *gélivation* dans les sols à grain fin fait augmenter le volume du sol non seulement parce que l'*eau interstitielle* en place gèle (expansion d'environ 9 %), mais aussi parce que l'eau est attirée vers le *front de gel* et y forme des *lentilles de glace*. Les sols qui ont subi un soulèvement important peuvent être composés de couches alternantes de sol saturé de glace et de *lentilles de glace* relativement pures. Les lentilles se forment perpendiculairement à la direction du flux thermique et parallèlement à la surface du sol (qui peut être horizontale, inclinée ou verticale). Si aucun obstacle n'empêche le gonflement, le degré de soulèvement de la surface peut correspondre en importance à l'épaisseur totale des *lentilles de glace*. Le soulèvement dû au gel peut se produire de façon temporaire ou de façon continue si le sol demeure gelé sans interruption pendant un certain nombre d'années.

Le soulèvement dû au gel différentiel ou non uniforme constitue l'un des aspects les plus destructeurs de la *gélivation* et reflète la nature hétérogène de la plupart des sols. Il résulte aussi des variations du taux de perte de chaleur et de l'apport d'eau souterraine sur de courtes distances.

Selon le degré de confinement, d'importantes *pressions de gel* (jusqu'à 1 MPa) peuvent s'exercer lors de l'engel du sol. Ces pressions peuvent se transmettre à une fondation, un ouvrage ou un autre objet placé sur la surface du sol ou enfoncé ou enfoui dans le sol; elles se manifestent par des forces basales, c.-à-d. des forces verticales qui poussent ces objets vers le haut ou par une adhérence du sol gelé aux parois de la fondation, de l'ouvrage ou de l'objet.

SYNONYME : soulèvement gélival.

SOURCES : Penner, 1967, 1968; Dionne, 1976; Washburn, 1979; Linell et Lobacz, 1980; Chamberlain, 1981; Johnston, 1981.

soulèvement gélival (voir *soulèvement dû au gel*).

T

talik (voir aussi *cryopeg; couche dégelée résiduelle; cuvette de dégel*)
[talik]

Couche ou masse de *sol non gelé* dans une zone de pergélisol (fig. 11).

REMARQUE : La température des taliks peut se maintenir au-dessus de 0 °C (non cryotique) ou au dessous de 0 °C (cryotique et faisant partie du pergélisol). On peut distinguer plusieurs types de taliks en fonction de leur rapport avec le pergélisol (taliks fermés, ouverts, latéraux, isolés et transitoires) et en fonction du mécanisme responsable de leur état non gelé (taliks hydrochimiques, hydrothermiques et thermiques) :

1. « talik fermé » – talik non cryotique occupant une dépression dans le *plafond du pergélisol* situé sous un lac ou un cours d'eau (appelé « talik de lac » et « talik de cours d'eau »); le maintien de sa température au-dessus de 0 °C résulte de l'accumulation de chaleur par les eaux de surface.
2. « talik hydrochimique » – talik cryotique dans lequel l'absence de gel est attribuable au fait qu'il est traversé par de l'eau souterraine minéralisée.
3. « talik hydrothermique » – talik dont la température est maintenue au-dessus de 0 °C par la chaleur que dégage l'eau souterraine qui le traverse.
4. « talik isolé » – talik entièrement entouré de gélisol pérenne; il est généralement cryotique (voir *cryopeg*) mais peut être non cryotique (voir talik transitoire).
5. « talik latéral » – talik au-dessus et au dessous duquel se trouve un gélisol pérenne; il peut être non cryotique ou cryotique.
6. « talik ouvert » – talik qui traverse le pergélisol de haut en bas, reliant l'*eau de suprapergélisol* et l'*eau de subpergélisol*, par exemple sous les cours d'eau et les lacs de grande dimension. Il peut être non cryotique (voir talik hydrothermique) ou cryotique (voir talik hydrochimique).
7. « talik thermique » – talik dont la température au-dessus de 0 °C est attribuable au régime thermique du sol en général.
8. « talik transitoire » – talik que l'accroissement du pergélisol réduit progressivement, comme ce serait par exemple le cas pour un talik à l'origine fermé, non cryotique et situé sous un petit lac qui, avec l'évacuation des eaux du lac, se transformerait en un talik isolé transitoire à cause de l'*accroissement du pergélisol* (voir aussi *pingo en système fermé*).

SOURCES : Williams, 1965; Hamelin et Cook, 1967; Washburn, 1973; van Everdingen, 1976.

talik de cours d'eau (voir *talik*)

talik de lac (voir *talik*)

talik fermé (voir *talik* et *cuvette de dégel*)

talik hydrochimique (voir *talik*)

talik hydrothermique (voir *talik*)

talik isolé (voir *talik*)

talik latéral (voir *talik*)

talik ouvert (voir *talik*)

talik thermique (voir *talik*)

talik transitoire (voir *talik*)

taryn (voir *glaçage*)

tassement dû au dégel (voir aussi *coefficient de consolidation au dégel; consolidation due au dégel; déformation due au dégel; glace en excès*)
[thaw settlement]
Compression du sol due à la consolidation résultant du dégel (fig. 7).
REMARQUE : Dans les sols denses et à grain grossier, l'amplitude du tassement dû au dégel est faible étant donné que le tassement dépend principalement de la fonte de la *glace interstitielle*. Toutefois, dans les sols riches en glace, le tassement dû au dégel peut être considérable.

En général, à son dégel, un *gélisol* subit un tassement sous l'effet de son propre poids et sous l'effet des contraintes exercées. Le tassement se poursuit aussi longtemps que le *front de dégel* avance et que les pressions interstitielles qui s'exercent au cours du dégel n'ont pas disparues.

Dans les sols à grain grossier relativement perméables, où le drainage de l'*eau interstitielle* est rapide, la vitesse de tassement dû au dégel suit de près la vitesse du dégel, et la formation de pressions interstitielles qui s'exercent au cours de la période de dégel est négligeable. Toutefois, si un sol à grain fin relativement imperméable dégèle rapidement, des pressions interstitielles en excès s'exercent. Si ces pressions interstitielles en excès persistent pendant un certain temps, il peut survenir de graves problèmes d'instabilité des versants, de rupture des fondations de barrage et de tassement différentiel.
SOURCES : Andersland et Anderson, 1978; Johnston, 1981.

température cryogénique

[cryogenic temperature]

Dans le domaine de la science des matériaux, désigne en général les températures au-dessous de -50 °C, plus fréquemment les températures proches du zéro absolu (-273 °C). Pour les auteurs soviétiques, ce terme désigne les températures au-dessous de 0 °C.

température de nucléation de la glace (voir aussi *abaissement du point de congélation*)

[ice-nucleation temperature]

Température à laquelle se forme la glace lors de la congélation d'un système sol-eau qui ne contenait pas de glace à l'origine (fig. 2 et 3).

teneur en eau (voir *teneur en eau totale*)

teneur en eau non gelée (voir aussi *eau interstitielle; glace interstitielle; teneur en eau totale; teneur en glace*)

[water content, unfrozen]

Quantité d'eau non gelée (liquide) contenue dans un sol ou une roche gelée (fig. 3).

REMARQUE : La teneur en eau non gelée peut comprendre l'eau libre susceptible de se déplacer par gravité ou l'eau d'interface (adsorbée) qui elle ne se déplace pas par gravité.

Les principaux facteurs contribuant à la teneur en eau non gelée d'un *gélisol* (ou d'un sol partiellement gelé) sont la surface spécifique des particules minérales, le type de minéral, la dimension des pores, la teneur en matières solides dissoutes de l'*eau interstitielle* et le type d'ions échangeables. La teneur en eau non gelée, aux températures au-dessous de 0 °C, est élevée dans les argiles et elle diminue lorsque la température, la teneur en argile et la teneur en matières solides dissoutes diminuent et lorsque la dimension des particules augmente. Comme pour la *teneur en eau totale*, on peut déterminer la teneur en eau non gelée de façon gravimétrique ou volumétrique.

SOURCES : Williams, 1967; Penner, 1970; Anderson et Morgenstern, 1973; van Everdingen, 1976.

teneur en eau totale (voir aussi *eau interstitielle; glace interstitielle; teneur en eau non gelée; teneur en glace*)

[water content, total]

Quantité totale d'eau (eau non gelée + glace) contenue dans le sol ou dans la roche.

REMARQUE : Lorsqu'il n'y a pas de glace, la teneur en eau totale est habituellement désignée par « teneur en eau ». La teneur en eau totale d'un échantillon de sol ou de roche comprend l'eau libre, l'eau d'interface (adsorbée) et l'eau adsorbée par les matières organiques. L'eau de cristallisation ou d'hydratation (p. ex. dans le gypse) n'en fait habituellement pas partie.

On détermine la teneur en eau totale de deux façons :

1. en fonction du poids sec (gravimétrique), correspondant à la masse de l'eau et de la glace dans un échantillon par rapport à la masse sèche de l'échantillon, exprimé en pourcentage ; ou
2. en fonction du volume (volumétrique), correspondant au volume de l'eau et de la glace dans un échantillon par rapport au volume de l'échantillon global, exprimé en fraction (ou, moins fréquemment, en pourcentage).

Compte tenu de cette définition, la teneur en eau totale volumétrique ne peut pas dépasser l'unité tandis que la teneur en eau totale gravimétrique peut largement dépasser 100 %. Au cours du dégel d'un échantillon de *gélisol*, la teneur en eau totale volumétrique diminue, mais la teneur en eau totale gravimétrique demeure constante.

SOURCE : Anderson et Morgenstern, 1973.

teneur en glace (voir aussi *glace interstitielle; teneur en eau non gelée; teneur en eau totale*)

[ice content]

Quantité de glace contenue dans un sol ou une roche complètement ou partiellement gelé.

REMARQUE : La teneur en glace peut s'exprimer de deux façons :

1. en fonction du « poids sec » (gravimétrique), elle correspond alors au rapport de la masse de la glace contenue dans un échantillon à la masse de l'échantillon sec, exprimée en pourcentage, ou
2. en fonction du « volume » (volumétrique), elle correspond alors au rapport du volume de la glace contenue dans un échantillon au volume de l'échantillon total, exprimé en fraction.

La teneur en glace volumétrique ne peut pas dépasser l'unité tandis que le teneur en glace gravimétrique peut largement dépasser 100 %.

SOURCES : Penner, 1970 ; Anderson et Morgenstern, 1973 ; Johnston, 1981.

terrasse d'altiplanation

[cryoplanation terrace]

Terrasse ou replat découpé dans la roche en place des régions froides.

REMARQUE : Les terrasses d'altiplanation peuvent se présenter sous forme de replats sur les versants ou sous forme de sommets de colline tronqués. Elles entaillent souvent la roche sans égards à la structure géologique. Elles semblent se former aux endroits où la *gélifraction* est intense et où persistent des bancs de neige. On observe un grand nombre de terrasses d'altiplanation dans les zones *périglaciaires* continentales d'aridité moyenne. Étant donné que ces formes reposent habituellement sur du pergélisol, elles servent à en indiquer la présence.

SYNONYMES : replat d'altiplanation ; replat goletz.

SOURCES : Eakin, 1916 ; St-Onge, 1965 ; Demek, 1969 ; French, 1976 ; Reger and Péwé, 1976 ; Washburn, 1979.

terrassette de solifluxion (voir *formes dues à la solifluxion*)

thermokarst (voir aussi *alass; modelé de thermokarst*)

[thermokarst]

Processus par lequel sont créées des formes de relief par suite du dégel d'un *pergélisol à haute teneur en glace*.

SOURCES : French, 1976 ; Washburn, 1979 ; Hamelin et Cook, 1967 ; Tricart et Cailleux, 1967.

thermosiphon (voir aussi *pieu thermique*)

[thermosyphon]

Appareil passif de transfert de chaleur destiné à dissiper la chaleur provenant du sol (fig. 24).

REMARQUE : Les thermosiphons, aussi appelés en anglais « thermotubes » ou « heat pipes », comportent habituellement un tube scellé contenant un liquide ou un gaz. Ces appareils ne comportent pas de pièces mobiles, fonctionnent sans source d'alimentation externe, et ne fonctionnent que lorsque la température de l'air est inférieure à la température du sol. Le système utilisé peut être monophasé ou diphasé.

L'appareil monophasé est habituellement constitué de tuyaux verticaux remplis de liquide ou d'air. Au cours de l'hiver, la chaleur provenant du sol qui entoure la partie enfouie du tuyau est absorbée par le fluide moteur qu'elle réchauffe ; celui-ci monte ensuite jusqu'à la partie « radiateur » du tuyau, exposée à l'air froid au-dessus du sol, ou la chaleur se dissipe par conduction et convection naturelle.

L'appareil diphasé est un tube scellé contenant un fluide moteur (en partie liquide et en partie vapeur). Lorsque la température de l'air descend sous celle du sol, la vapeur se condense dans la partie radiateur du tube, la pression dans le tube diminue et le liquide de la partie inférieure commence à bouillir. Le cycle d'ébullition qui s'ensuit, le déplacement de la vapeur vers la partie supérieure du tube, la condensation de la vapeur et le retour du condensat par gravité constituent ensemble un moyen efficace de transférer la chaleur vers la

partie supérieure du tube et, par conséquent, de refroidir le sol.
SOURCES : Long, 1966 ; Heuer, 1979 ; Johnston, 1981 ; Hayley, 1982 ; Hayley et coll., 1983.

thufur (voir aussi *butte de terre; butte gazonnée*)
[thufur]
Butte de gel formée soit dans le *mollisol* des zones pergélisolées soit dans le *géiisol saisonnier* des zones non pergélisolées, au cours de l'engel du sol (fig. 20d).

REMARQUE : Les thufurs (terme d'origine islandaise) peuvent se former dans la partie la plus faiblement cryotique de la zone de *pergélisol discontinu* et également dans des conditions de *gel saisonnier* maritime. Ils peuvent mesurer jusqu'à 50 cm de hauteur et 160 cm de diamètre et se reformer dans les 20 années suivant leur destruction. Leur croissance est favorisée par la présence de sédiments silteux, d'un climat maritime et de conditions de drainage particulières.
SOURCES : Thorarinsson, 1951 ; Schunke, 1975 ; Scotter et Zoltai, 1982.

toundra
[tundra]
Terrain sans arbres, recouvert d'un tapis de végétation basse s'étendant aux hautes latitudes et altitudes.

REMARQUE : La végétation qui pousse dans la toundra comprend des lichens, des mousses, des laîches, des herbes et des arbrisseaux, tels les bruyères, les saules et les bouleaux nains. Ce type de végétation débute au nord de la forêt boréale et inclut des îlots non boisés de la toundra forestière à la marge septentrionale des forêts continues. Aux hautes altitudes, la toundra se situe immédiatement au-dessus de l'étage montagnard et de la limite supérieure des arbres.

Le terme toundra désigne à la fois la région et la végétation qui y pousse. Il ne devrait pas être utilisé pour désigner des lacs, des polygones et d'autres éléments naturels (polygone de toundra, p. ex.).

Il serait préférable de désigner les zones de végétation discontinue, situées dans le semi-désert polaire du haut Arctique, par le terme «désert de gélivation». L'absence de végétation dans certaines zones du désert polaire peut s'expliquer par des facteurs climatiques (excès de froid ou de sécheresse) ou édaphiques (faible apport nutritif du sol ou substrat toxique) ou une combinaison des deux.
SOURCE : Polunin, 1951.

tourbière

[peatland]

Terrain recouvert de tourbe.

REMARQUE : Les définitions et les renseignements relatifs à la tourbe, les tourbières et les formes associées contenues dans Stanek (1977), Stanek et Worley (1983) et Couillard et Grondin (1986) devraient être consultées.

Il n'existe aucun consensus international quant à l'épaisseur minimale que devrait avoir la tourbe d'un terrain pour que celui-ci soit classé comme «tourbière». Au Canada, la tourbière est définie comme un type de terrain marécageux formé par l'accumulation de restes de plantes dont la vitesse de décomposition est négligeable.

Dans la zone de *pergélisol discontinu*, en particulier près de sa limite méridionale, les tourbières reposent souvent sur du pergélisol, ce qui témoigne des qualités d'isolation thermique de la tourbe. Les *palses*, les *plateaux palsiques* et les *plateaux palsiques à polygones* sont des formes de relief qu'on observe dans les tourbières sur pergélisol (fig. 15).

SOURCES : Zoltai et Tarnocai, 1975 ; Stanek, 1977 ; Tarnocai, 1980, Stanek et Worley, 1983 ; Couillard et Grondin, 1986.

tourbière cordée (voir *tourbière réticulée*)

tourbière réticulée

[string fen]

Tourbière traversée d'étroits bourrelets de tourbe, plus ou moins parallèles, à la végétation minérotrophe, séparée par des légères dépressions souvent occupées par des mares peu profondes (fig. 15d).

REMARQUE : Les bourrelets ou lanières sont disposés à angle droit par rapport à la pente qui est habituellement inférieure à 2°. Ils mesurent de 1 à 3 m de largeur jusqu'à 1 m de hauteur et peuvent atteindre plus de 1 km de longueur. Bien que ces bourrelets soient habituellement parallèles les uns aux autres, ils peuvent s'anastomoser pour former entre eux des angles aigus. Dans les tourbières basses, presque plates, les bourrelets sont plus détachés et moins longs ; ils s'anastomosent souvent en réseau grossièrement polygonal. Étant surélevés et donc mieux drainés, les bourrelets supportent la croissance d'arbres et arbustes. Les tourbières réticulées sont composées de tourbe fennique de laîches et d'un peu de restes ligneux de végétation arbustive. Les bourrelets sont composés de mousses-laîches ou de tourbe de mousses. Ils sont mieux formés dans la zone de *pergélisol discontinu* et dans la zone située immédiatement au sud de la *région pergélisolée*. Dans les parties du centre et du nord de la zone de *pergélisol discontinu*, les bourrelets sont souvent gelés de façon pérenne. Ce permagel peut atteindre le sol sous-jacent.

SYNONYMES : tourbière structurée, tourbière cordée.

SOURCES : Hamelin et Cook, 1967 ; Tricart et Cailleux, 1967 ; Zoltai, 1971 ; Zoltai et Tarnocai, 1975 ; Dionne, 1976 ; Tarnocai, 1980 ; Zoltai et Pollett, 1983 ; Couillard et Grondin, 1986.

tourbière structurée (voir *tourbière réticulée*)

traînée (voir *sol structuré*)

triage gélival (voir aussi *géliturbation*)
[frost sorting]
Processus de triage des particules du sol résultant de la *gélivation*.
SOURCES : Washburn, 1979; Dionne, 1978.

V

veine de glace (voir aussi *glace de veine*)
[ice vein]
Fissure ou fente dans le sol remplie de glace.
SOURCE : Pissart, 1967.

Z

zone active (à éviter; voir *mollisol*)

zone de pergélisol (voir aussi *pergélisol continu; pergélisol discontinu; région pergélisolée*)
[permafrost zone]
Principale division d'une *région pergélisolée* (fig. 1).
REMARQUE : On divise habituellement une *région pergélisolée* en zones, suivant la proportion du sol qui est perpétuellement cryotique. Aux hautes latitudes, la région pergélisolée se divise essentiellement en zone de *pergélisol continu* et en zone de *pergélisol discontinu*.
SOURCES : Muller, 1943; Brown, 1967b, 1978; Washburn, 1979; Péwé, 1983.

Références

Aguirre-Puente, J., Dupas, A. et Philippe, A., 1973. « Quelques résultats concernant le gonflement au gel et leur applications au classement des sols selon leur degré de gélivité », dans : *Communications françaises au Symposium OCDE sur l'action du gel sur les chaussées*, Oslo. Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'Équipement, du Logement et du Tourisme, Paris, pp. 23-29.

Andersland, O.B. et Anderson, D.M. (éditeurs), 1978. *Geotechnical Engineering for Cold Regions*. McGraw-Hill, New York, N.Y., 576 p.

Anderson, D.M., Gatto, L.W. et Ugolini, F., 1973. « An examination of Mariner 6 and 7 imagery for evidence of permafrost terrain on Mars ». Proceedings Second International Conference on Permafrost, Yakutsk, U.S.S.R., July 1973, North American Contribution, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 499-508.

Anderson, D.M. et Morgenstern, N.R., 1973. « Physics, chemistry and mechanics of frozen ground: A review ». Proceedings Second International Conference on Permafrost, Yakutsk, U.S.S.R., July 1973, North American Contribution, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 257-288.

Andersson, J.G., 1906. « Solifluction, a component of subaerial denudation ». *Journal of Geology*, Vol. 14, pp. 91-112.

Are, F.E., 1978. « The reworking of shorelines in the permafrost zone ». Proceedings Second International Conference on Permafrost, Yakutsk, U.S.S.R., July 1973, U.S.S.R. Contribution, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 59-62.

Baranov, I.Ya., 1978. « Problems of cryology ». Proceedings Second International Conference on Permafrost, Yakutsk, U.S.S.R., July 1973, U.S.S.R. Contribution, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 3-7.

Benedict, J.B., 1970. « Downslope soil movement in a Colorado alpine region: rates, processes and climatic significance ». *Arctic and Alpine Research*, Vol. 2, No. 3, pp. 165-226.

Berg, T.E. et Black, R.F., 1966. « Preliminary measurements of growth of nonsorted polygons, Victoria Land, Antarctica », dans : *Antarctic Soils and Soil-Forming Processes* (J.F.S. Tedrow, éditeur), American Geophysical Union Antarctic Research Series, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., Publication 1418, pp. 61-108.

Bily, C. et Dick, J.W.L., 1974. « Naturally occurring gas hydrates in the Mackenzie Delta, N.W.T. ». *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, Vol. 22, pp. 340-352.

Black, R.F., 1969. « Climatically significant fossil periglacial phenomena in northcentral United States ». *Biuletyn Periglacjalny*, 20, pp. 225-238.

Black, R.F., 1976. «Features indicative of permafrost». *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* (F.A. Donath, éditeur). Annual Reviews, Inc., Palo Alto, California, Vol. 4, pp. 75-94.

Black, R.F. et Barksdale, W.L., 1949. «Oriented lakes of northern Alaska». *Journal of Geology*, Vol. 57, pp. 105-118.

Black, R.F. et Berg, T.E., 1966. «Patterned ground in Antarctica». Proceedings Permafrost International Conference, Lafayette, Indiana, November 1963, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., Publication No. 1287, pp. 121-128.

Blanchard, D. et Frémond, M., 1982. «Cryogenic suction in soils». Proceedings Third International Symposium on Ground Freezing, Hanover, New Hampshire, June 1982, (Vol. 1), pp. 233-238.

Boyd, D.W., 1973. *Normal freezing and thawing degree-days for Canada: 1931-1960*. Environment Canada, Atmospheric Environment Service, Downsview, Ontario, Publication CLI 4-73, 38 p.

Boyd, D.W., 1979. *Degree days: The different types*. National Research Council Canada, Division of Building Research, Ottawa, Building Research Note No. 138, 8 p.

Brewer, M.C., 1958. «Some results of geothermal investigations of permafrost in northern Alaska». *Transactions, American Geophysical Union*, Vol. 39, No. 1, pp. 19-26.

Brewer, R. et Pawluk, S., 1975. «Investigations of some soils developed in hummocks of the Canadian sub-Arctic and southern Arctic regions». 1. Morphology and Micromorphology. *Canadian Journal of Soil Science*, Vol. 55, No. 3, pp. 301-319.

Brown, J., 1969. «Soils of the Okpilak River Region, Alaska», dans: *The Periglacial Environment* (T.L. Péwé, éditeur), McGill-Queen's University Press, Montreal, pp. 93-128.

Brown, R.J.E., 1966. «Permafrost, clin afrost, and the muskeg H factor». Proceedings Eleventh Muskeg Research Conference, National Research Council Canada, Associate Committee on Soil and Snow Mechanics, Ottawa, Technical Memorandum No. 87, pp. 159-178.

Brown, R.J.E., 1967a. «Comparison of permafrost conditions in Canada and the U.S.S.R». *Polar Record*, Vol. 13, No. 87, pp. 741-751.

Brown, R.J.E., 1967b. Permafrost Map of Canada. National Research Council Canada, Pub. NRC 9769 and Geological Survey of Canada, Map 1246A (avec notes explicatives en marge).

Brown, R.J.E., 1970a. «Occurrence of permafrost in Canadian peatlands». Proceedings Third International Peat Congress, Quebec, 1968, National Research Council Canada, Ottawa, pp. 174-181.

Brown, R.J.E., 1970b. *Permafrost in Canada: Its influence on northern development*. University of Toronto Press, Toronto, 234 p.

Brown, R.J.E., 1971. « Characteristics of the active layer in the permafrost region of Canada ». Proceedings Seminar on Permafrost Active Layer, May 1971, National Research Council Canada, Associate Committee on Geotechnical Research, Ottawa, Technical Memorandum 103, pp. 1-7.

Brown, R.J.E., 1978. Permafrost Map of Canada, dans : *Hydrological Atlas of Canada*, Department of Fisheries and Environment, Ottawa, Canada, Plate No. 32.

Brown, R.J.E. et Kupsch, W.O., 1974. *Permafrost Terminology*. National Research Council Canada, Associate Committee on Geotechnical Research, Ottawa, Technical Memorandum No. 111, 62 p.

Bryan, K., 1946. « Cryopedology – the study of frozen ground and intensive frost action with suggestions on nomenclature ». *American Journal of Science*, 244, pp. 622-642.

Canada Soil Survey Committee, 1978. *The Canadian System of Soil Classification*. Agriculture Canada, Ottawa, Publication 1646, 164 p.

Capps, S.R., Jr., 1910. « Rock glaciers in Alaska ». *Journal of Geology*, Vol. 18, pp. 359-375.

Carey, K.L., 1970. *Icing occurrence, control and prevention: An annotated bibliography*. U.S. Army, C.R.R.E.L., Hanover, New Hampshire, Special Report 151, 57 p.

Carey, K.L., 1973. *Icings developed from surface water and ground water*. U.S. Army, C.R.R.E.L., Hanover, New Hampshire, Monograph MIII-D3, 67 p.

Carlson, H. et Kersten, M.S., 1953. « Calculation of depths of freezing and thawing under pavements ». U.S. National Research Council, Highway Research Board, Bulletin No. 71, pp. 81-98 (comprend un commentaire de H.P. Aldrich et H.M. Paynter).

Carson, C.E. et Hussey, K.M., 1962. « The oriented lakes of Arctic Alaska ». *Journal of Geology*, Vol. 70, pp. 417-439.

Chamberlain, E.J., 1981. *Frost susceptibility of soil: Review of index tests*. U.S. Army, C.R.R.E.L., Hanover, New Hampshire, Monograph 81-2, 121 p.

Cheng, Guodong, 1983. « The mechanism of repeated-segregation for the formation of thick layered ground ice ». *Cold Regions Science and Technology*, Vol. 8, pp. 57-66.

Conseil international de la langue française, 1978. *Vocabulaire de l'hydrologie et de la météorologie*, La maison du dictionnaire, Paris, 237 p.

Corte, A.E., 1962. « Vertical migration of particles in front of a moving freezing plane ». *Journal of Geophysical Research*, Vol. 67, pp. 1085-1090.

Couillard, L. et Grondin, P., 1986. *La végétation des milieux humides du Québec*, Les Publications du Québec, ministère de l'Environnement, Québec, 400 p.

Czudek, T. et Demek, J., 1970. « Thermokarst in Siberia and its influence on the development of lowland relief ». *Quaternary Research*, Vol. I, pp. 103-120.

Delorme, L.D., Zoltai, S.C. et Kalas, L.L., 1978. « Freshwater shelled invertebrate indicators of paleoclimate in northwestern Canada during late glacial times: Reply ». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 15, No. 3, pp. 462-463.

Demek, J., 1969. « Cryoplanation terraces, their geographical distribution, genesis and development ». Ceskoslovenské Akademie Ved Rozprovy, Rada Matematickych a Prirodnich Ved, Vol. 79, No. 4, 80 p.

Dionne, J.-C., 1976. *Séminaire sur les indices géologiques du pergélisol*, Université du Québec à Montréal, 14 p.

Dionne, J.-C., 1978a, « Les champs de blocs en Jamésie, Québec subartique », dans : *Géographie physique et quartenaire*, vol. 32, nº 2, pp. 119-144.

Dionne, J.-C., 1978b. « Formes et phénomènes périglaciares en Jamésie, Québec subarctique », dans : *Géographie physique et quaternaire*, vol. 32, nº 3, pp. 187-247.

Dostovalov, B.N. et Popov, A.I., 1966. « Polygonal systems of ice wedges and conditions of their development ». Proceedings Permafrost International Conference, Lafayette, Indiana, November 1963, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., Publication 1287, pp. 102-105.

Dyke, L.D., 1981. « Bedrock heave in the central Arctic ». Geological Survey of Canada, Ottawa, Paper 81-1A, pp. 157-167.

Dyke, L.D., 1984. « Frost heaving of bedrock in permafrost regions ». *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, Vol. 21, No. 4, pp. 389-405.

Dylik, J., 1964. « Éléments essentiels de la notion de 'périglaciaire' ». *Biuletyn Peryglacjalny*, 14, pp. 111-132.

Eakin, H.M., 1916. « The Yukon-Koyukuk region, Alaska ». U.S. Geological Survey, Bulletin No. 631, pp. 67-88.

Fanale, F.P. et Clark, R.N., 1983. « Solar system ices and Mars permafrost ». Proceedings Fourth International Conference on Permafrost, Fairbanks, Alaska, July 1983, National Academy Press, Washington, D.C., pp. 289-294.

Ferrians, O.J., Jr., Kachadoorian, R. et Greene, G.W., 1969. *Permafrost and related engineering problems in Alaska*. U.S. Geological Survey, Professional Paper 678, 37 p.

Flemal, R.C., 1976. « Pingos and pingo scars: Their characteristics, distribution, and utility in reconstructing former permafrost environments ». *Quaternary Research*, Vol. 6, No. 1, pp. 37-53.

Fotiev, S.M., 1978. «Effect of long-term cryometamorphism of earth materials on the formation of groundwater». Proceedings Third International Conference on Permafrost, Edmonton, Alberta, National Research Council Canada, Ottawa, Vol. 1, pp. 181-187 (en russe). Traductions: Versions anglaises des quarante-neuf dissertations soviétiques, de la présentation française et des trois présentations soviétiques faites sur invitation. Partie I: traductions vers l'anglais des vingt-six présentations soviétiques, National Research Council Canada, Ottawa, Publication No. NRCC 18119, 1980, pp. 177-194.

Fox, C.A., 1983. «Micromorphology of an orthic turbic cryosol – a permafrost soil», dans: *Soil Micromorphology* (P. Bullock et G.P. Murphy, éditeurs), A.B. Academic Publishers, Oxford, pp. 699-705.

French, H.M., 1975. «Man-induced thermokarst development, Sachs Harbour airstrip, Banks Island, N.W.T.». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 12, No. 2, pp. 132-144.

French, H.M., 1976. *The Periglacial Environment*. Longman Group Limited, London and New York, 309 p.

French, H.M., Harry, D.G. et Clark, M.J., 1982. «Ground ice stratigraphy and late-Quaternary events, southwest Banks Island, Canadian Arctic». The Roger J E. Brown Memorial Volume, Proceedings Fourth Canadian Permafrost Conference, Calgary, Alberta, March 1981, National Research Council Canada, Ottawa, pp. 81-90.

Fujii, Y. et Higuchi, K., 1978. «Distribution of alpine permafrost in the northern hemisphere and its relation to air temperature». Proceedings Third International Conference on Permafrost, Edmonton, Alberta, July 1978, National Research Council Canada, Ottawa, Vol. 1, pp. 366-371.

Fyodorov, J.S. (compilateur) et Ivanov, N.S. (éditeur), 1974. *English Russian geocryological dictionary*. Yakutsk State University, Yakutsk, U.S.S.R., 127 p.

Garg, O.P., 1973. «In situ physicomechanical properties of permafrost using geophysical techniques». Proceedings Second International Conference on Permafrost, Yakutsk, U.S.S.R., July 1973, North American Contribution, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 508-517.

Gell, W.A., 1978. «Thermal contraction cracks in massive segregated ice, Tuktoyaktuk Peninsula, N.W.T., Canada». Proceedings Third International Conference on Permafrost, Edmonton, Alberta, July 1978, National Research Council Canada, Ottawa, Vol. 1, pp. 278-281.

Gilpin, R.R., 1982. «A frost heave interface condition for use in numerical modelling». The Roger J.E. Brown Memorial Volume, Proceedings Fourth Canadian Permafrost Conference, Calgary, Alberta, March 1981, National Research Council Canada, Ottawa, pp. 459-465.

Glen, J.W., 1974. *The physics of ice*. U.S. Army, C.R.R.E.L., Hanover, New Hampshire, Monograph II-C2a, 86 p.

Gold, L.W., 1967. «Influence of surface conditions on ground temperature». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 4, No. 2, pp. 199-208.

Gold, L.W. et Lachenbruch, A.H., 1973. «Thermal conditions in permafrost: A review of North American literature». Proceedings Second International Conference on Permafrost, Yakutsk, U.S.S.R., July 1973, North American Contribution, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 3-25.

Goodrich, L.E., 1982. «The influence of snow cover on the ground thermal regime». *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 19, No. 4, pp. 421-432.

Gozdzik, J., 1973. «Origin and stratigraphic position of periglacial structures in Middle Poland». *Acta Geographica*, 31, pp. 104-117.

Hamelin, L.-E., 1971. «Dans la plaine laurentienne, la glace du sol aurait-elle contribué au façonnement des glissements et autres formes de relief en creux?», dans : *Cahiers de géographie de Québec*, vol, 15, nº 36, pp. 439-465.

Hamelin, L.-E. et Cailleux, A., 1969. «Les palses dans le bassin de la Grande-Rivière de la Baleine», dans : *Revue de géographie de Montréal*, vol. 23, nº 3, pp. 329-337.

Hamelin, L.-E. et Cook, F.A., 1967. *Le périglaciare par l'image = Illustrated Glossary of Periglacial Phenomena*, Presses de l'Université Laval, 237 p. (Travaux et documents du Centre d'études nordiques, nº 4).

Harris, S.A., 1979. «Ice caves and permafrost zones in southwest Alberta». *Erdkunde*, 33, pp. 61-70.

Harris, S.A., 1981. «Climatic relationships of permafrost zones in areas of low winter snow-cover». *Arctic*, Vol. 36, No. 1, pp. 64-70.

Harris, S.A., 1986. «Permafrost distribution, zonation and stability along the eastern ranges of the Cordillera of North America». *Arctic*, Vol. 39, No. 1, pp. 29-38.

Harris, S.A. et Brown, R.J.E., 1978. «Plateau Mountain: A case study of alpine permafrost in the Canadian Rocky Mountains». Proceedings Third International Conference on Permafrost, Edmonton, Alberta, July 1978, National Research Council Canada, Ottawa, Vol. 1, pp. 385-391.

Harris, S.A. et Brown, R.J.E., 1982. «Permafrost distribution along the Rocky Mountains in Alberta». The Roger J.E. Brown Memorial Volume, Proceedings Fourth Canadian Permafrost Conference, Calgary, Alberta, March 1981, National Research Council Canada, Ottawa, pp. 59-67.

Harry, D.G. et French, H.M., 1983. «The orientation and evolution of thaw lakes, southwest Banks Island, Canadian Arctic». Proceedings Fourth International Conference on Permafrost, Fairbanks, Alaska, July 1983, U.S. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 456 461.

Harry, D.G., French, H.M. et Clark, M.J., 1983. «Coastal conditions and processes, Sachs Harbour, southwest Banks Island, Western Canadian Arctic». *Zeitschrift für Geomorphologie*, Supplement Band 47, pp. 1-26.

Hayley, D.W., 1982. «Application of heat pipes to design of shallow foundations on permafrost». The Roger J.E. Brown Memorial Volume, Proceedings Fourth Canadian Permafrost Conference, Calgary, Alberta, March 1981, National Research Council Canada, Ottawa, pp. 535-544.

Hayley, D.W., Roggensack, W.D., Jubien, W.E. et Johnson, P.V., 1983. «Stabilization of sinkholes on the Hudson Bay Railway». Proceedings Fourth International Conference on Permafrost, Fairbanks, Alaska, July 1983, U.S. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 468-473.

Heginbottom, J.A., 1984. «The mapping of permafrost». *Canadian Geographer*, Vol. 28, No. 1, pp. 78-83.

Hennion, F., 1955. «Frost and permafrost definitions». U.S. National Research Council, Highway Research Board, Washington, D.C., HRB Bulletin 111, pp. 107-110.

Heuer, C.E., 1979. *The application of heat pipes on the Trans-Alaska pipeline*. U.S. Army, C.R.R.E.L., Hanover, New Hampshire, Special Report 79-26, 33 p.

Hopkins, D.M., 1949. «Thaw lakes and thaw sinks in the Imuruk Lake area, Seward Peninsula, Alaska». *Journal of Geology*, Vol. 57, pp. 119-131.

Hopkins, D.M., Karlstrom, T.D. et al, 1955. «Permafrost and ground water in Alaska». U.S. Geological Survey, Professional Paper 264-F, pp. 113-146.

Hughes, O.L., 1969. *Distribution of open-system pingos in central Yukon Territory with respect to glacial limits*. Geological Survey of Canada, Ottawa, Paper 69-34, 8 p.

Hughes, O.L., 1972. «Surficial geology and land classification». Proceedings Canadian Northern Pipeline Conference, Ottawa, Ontario, February 1972, National Research Council Canada, Associate Committee on Geotechnical Research, Ottawa, Technical Memorandum No. 104, pp. 17-24.

Hunter, J.A., 1984. «Geophysical techniques for subsea permafrost investigations». Final Proceedings Fourth International Conference on Permafrost, Fairbanks, Alaska, July 1983, U.S. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 88-89.

Hunter, J.A., Judge, A.S., MacAulay, H.A., Good, R.L., Gagne, R.M. et Burns, R.A., 1976. *The occurrence of permafrost and frozen sub seabottom materials in the southern Beaufort Sea.* Environment Canada, Ottawa, Beaufort Sea Technical Report No. 22: Beaufort Sea Project, 174 p.

Huschke, R.E. (éditeur), 1959. *Glossary of Meteorology.* American Meteorological Society, 638 p.

Hutchinson, J.N., 1968. «Mass movement», dans: *Encyclopedia of Geomorphology* (R.W. Fairbridge, éditeur), Reinhold Book Corporation, New York, N.Y., pp. 688-689.

Jahn, A., 1975. *Problems of the periglacial zone* (Zagadnienia strefy peryglacjalnej). Warsaw, Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, 223 p.

Johnston, G.H. (éditeur), 1981. *Permafrost: Engineering Design and Construction.* John Wiley & Sons, Canada Ltd., Toronto, 540 p.

Journeaux, A., 1969. «Phénomènes périglaciares dans le nord de l'Alaska et du Yukon», dans: *Bulletin de l'Association des géographes français*, nº 368-369, pp. 337-350.

Journeaux, A. et Dresch, J., 1972. «Phénomènes périglaciares en Sibérie occidentale», «Définition d'une nouvelle province périglaciare actuelle», dans: *Bulletin de l'Association des géographes français*, nº 395-396, pp. 57-73.

Judge, A.S., 1982. «Natural gas hydrates in Canada». The Roger J.E. Brown Memorial Volume, Proceedings Fourth Canadian Permafrost Conference, Calgary, Alberta, March 1981, National Research Council Canada, Ottawa, pp. 320-328.

Jumikis, A.R., 1977. *Glossary of terms in thermal soil mechanics.* Rutgers University, New Jersey, Engineering Research Publication No. 57, 155 p.

Kaplan, I.R., 1974. «Introduction», dans: *Natural Gases in Marine* Sediments (I.R. Kaplan, éditeur), Plenum Press, New York, N.Y., pp. 1-11.

King, M.S., Bamford, T.S. et Kurfurst, P.J., 1974. «Ultrasonic velocity measurements on frozen rocks and soils». Proceedings Symposium on Permafrost Geophysics, Calgary, Alberta, National Research Council Canada, Associate Committee on Geotechnical Research, Ottawa, Technical Memorandum No. 113, pp. 35-42.

Konrad, J-M. et Morgenstern, N.R., 1983. «Frost susceptibility of soils in terms of their segregation potential». Proceedings Fourth International Conference on Permafrost, Fairbanks, Alaska, July 1983, U.S. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 660-665.

Konrad, J-M. et Morgenstern, N.R., 1984. «Frost heave prediction of chilled pipelines buried in unfrozen soils». *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 21, No. 1, pp. 100-115.

Krumme, O., 1935. *Frost und Schnee in ihrer Wirkung auf den Boden im Hochtaunus.* Rhein-Mainische Forschungen, 13, 73 p.

Kudryavtsev, V.A. (éditeur), 1978. *Obshcheye merzlotovedeniya (Geokriologiya)* (General permafrost science) en russe. Izd. 2, (Edu 2) Moskva (Moscow), Izdatel'stvo Moskovskogo Universiteta, (Presses de l'université de Moscou), 404 p.

Lachenbruch, A.H., 1959. «Periodic heat flow in a stratified medium with application to permafrost problems». U.S. Geological Survey, Bulletin 1083-A, pp. 1-36.

Lachenbruch, A.H., 1962. *Mechanics of thermal contraction cracks and ice-wedge polygons in permafrost.* U.S. Geological Survey, Special Paper 70, 69 p.

Lachenbruch, A.H., 1966. «Contraction theory of ice-wedge polygons: a qualitative discussion». Proceedings Permafrost International Conference, Lafayette, Indiana, November 1963, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., Publication 1287, pp. 63-71.

Ladanyi, B., 1972. «An engineering theory of creep of frozen soils». *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 9, No. 1, pp. 63-80.

Ladanyi, B., 1981. «Mechanical behaviour of frozen soils», dans: Mechanics of Structured Media, Proceedings International Symposium on the Mechanical Behaviour of Structured Media, Ottawa, Canada, May 1981. (A.P.S. Selvadurai, éditeur) Part B, Elsevier, Amsterdam, pp. 205-245.

Lagarec, R., 1973. «Éléments de la morphologie cryogène du golfe de Richmond, Nouveau-Québec», dans: *Cahiers de géographie de Québec*, vol. 17, nº 42, pp. 465-487.

Lamothe, C. et Saint-Onge, D. 1961. «Observations d'un processus d'érosion périglaciare dans la région d'Isachsen (T.N.-O.)», dans: *Geographical Bulletin*, nº 16, pp. 104-119.

Lautridou, J.-P., 1971. «Conclusions générales des recherches de gélifraction expérimentales du Centre de géomorphologie», dans: *Bulletin du centre de géomorphologie du C.N.R.S.*, 10, pp. 63-84.

Lawson, D.E., et Brown, J., 1978. «Disturbance of permafrost, massive ground ice, and surficial materials», dans: *Tundra disturbance and recovery following the 1949 exploratory drilling, Fish Creek, Northern Alaska* par D.E. Lawson et al., U.S. Army, C.R.R.E.L., Hanover, New Hampshire, Report 78-28, pp. 14-24.

Linell, K.A., et Kaplar, C.W., 1966. «Description and classification of frozen soils». Proceedings Permafrost International Conference, Lafayette, Indiana, November 1963, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., Publication 1287, pp. 481-487.

Linell, K.A. et Lobacz, E.F., 1980. *Design and construction of foundations in areas of deep seasonal frost and permafrost.* U.S. Army, C.R.R.E.L., Hanover, New Hampshire, Special Report 80-34, 320 p.

Lliboutry, L., 1964. *Traité de glaciologie*, Masson, Paris, 2 vol., 1040 p.

Long, E.L., 1966. «The Long Thermopile». Proceedings Permafrost International Conference, Lafayette, Indiana, November 1963. U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., Publication 1287, pp. 487-491.

Lunardini, V.J., 1978. «Theory of n-factors and correlation of data». Proceedings Third International Conference on Permafrost, Edmonton, Alberta, July 1978, National Research Council Canada, Ottawa, Vol. 1, pp. 41-46.

Lunardini, V.J., 1981. *Heat Transfer in Cold Climates*. Van Nostrand Reinhold, New York, N.Y., 704 p.

Lundqvist, J., 1969. «Earth and ice mounds: A terminological discussion», dans : *The Periglacial Environment* (T.L. Péwé, éditeur), McGill-Queen's University Press, Montreal, pp. 203-215.

Mackay, J.R., 1965. «Gas-domed mounds in permafrost, Kendall Island, N.W.T.». *Geographical Bulletin*, Vol. 7, No. 2, pp. 105-115.

Mackay, J.R., 1966. «Segregated epigenetic ice and slumps in permafrost, Mackenzie Delta area, N.W.T.». *Geographical Bulletin*, Vol. 8, No. 1, pp. 59-80.

Mackay, J.R., 1970. «Disturbances to the tundra and forest tundra environment of the western Arctic». *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 7, No. 4, pp. 420-432.

Mackay, J.R., 1971. «The origin of massive icy beds in permafrost, western Arctic coast, Canada». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 8, No. 4, pp. 397-422.

Mackay, J.R., 1972a. «Offshore permafrost and ground ice, southern Beaufort Sea, Canada». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 9, No. 11, pp. 1550-1561.

Mackay, J.R., 1972b. «The world of underground ice». *Annals Association American Geographers*, Vol. 62, No. 1, pp. 1-22.

Mackay, J.R., 1973a. «Problems in the origin of massive icy beds, western Arctic coast, Canada». Proceedings Second International Conference on Permafrost, Yakutsk, U.S.S.R., July 1973, North American Contribution, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 223-228.

Mackay, J.R., 1973b. «The growth of pingos, western Arctic coast, Canada». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 10, No. 6, pp. 979-1004.

Mackay, J.R., 1974a. «Measurement of upward freezing above permafrost with a self-positioning thermistor probe». Geological Survey of Canada, Ottawa, Paper 74-1, Part B, pp. 250-251.

Mackay, J.R., 1974b. «Reticulate ice veins in permafrost, northern Canada». *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 11, No. 2, pp. 230-237.

Mackay, J.R., 1975. «Relict ice wedges, Pelly Island, N.W.T.». Geological Survey of Canada, Ottawa, Paper 75-1, pp. 469-470.

Mackay, J.R., 1978. «Freshwater shelled invertebrate indicators of paleoclimate in northwestern Canada during late glacial times: Discussion». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 15, No. 3, pp. 461-462.

Mackay, J.R., 1979. «Pingos of the Tuktoyaktuk Peninsula area, Northwest Territories». *Géographie physique et Quaternaire*, Vol. 33, No. 1, pp. 3-61.

Mackay, J.R., 1980. «The origin of hummocks, western Arctic coast, Canada». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 17, No. 8, pp. 996-1006.

Mackay, J.R., 1983. «Downward water movement into frozen ground, western Arctic coast, Canada». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 20, No. 1, pp. 120-134.

Mackay, J.R., 1985. «Pingo ice of the western Arctic coast, Canada». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 22, No. 10, pp. 1452-1464.

Mackay, J.R., et Black, R.F., 1973. «Origin, composition, and structure of perennially frozen ground and ground ice: A review». Proceedings Second International Conference on Permafrost, Yakutsk, U.S.S.R., July 1973, North American Contribution, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 185-192.

Mackay, J.R. et MacKay, D.K., 1976. «Cryostatic pressures in nonsorted circles (mud hummocks), Inuvik, Northwest Territories». *Canadian Journal Earth Sciences* Vol. 13, No. 7, pp. 889-897.

Mackay, J.R. et Mathews, W.H., 1974. «Needle ice striped ground». *Arctic and Alpine Research*, Vol. 6, No. 1, pp. 79-84.

Mackay, J.R. et Matthews, J.V., Jr., 1983. «Pleistocene ice and sand wedges, Hooper Island, Northwest Territories». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 20, No. 7, pp. 1087-1097.

Mackay, J.R., Rampton, V.N. et Fyles, J.G., 1972. «Relic pleistocene permafrost, western Arctic, Canada». *Science*, Vol. 176, pp. 1321-1323.

McRoberts, E.C. et Morgenstern, N.R., 1974. «The stability of thawing slopes». *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 11, No. 4, pp. 447-469.

Miller, R.D., 1972. «Freezing and heaving of saturated and unsaturated soils». U.S. National Research Council, Washington, D.C., Highway Research Record, No. 393, pp. 1-11.

Morgenstern, N.R. et Nixon, J.F., 1971. «One-dimensional consolidation of thawing soils». *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 8, No. 4, pp. 558-565.

Müller, F., 1959. *Beobachtungen über Pingos*. Detailuntersuchungen in Ostgrönland und in der kanadischen Arktis: Meddelelser om Grønland, Vol. 153, No. 3, 127 p. *Observations on Pingos*. Traduction par le Conseil national de recherches Canada, Ottawa, traduction technique 1073, 1963, 117p.

Muller, S.W., 1943. *Permafrost or permanently frozen ground and related engineering problems*. U.S. Engineers Office, Strategic Engineering Study, Special Report No. 62, 136 p. (Publié à nouveau en 1947, J.W. Edwards, Ann Arbor, Michigan, 231 p.)

Newbury, R.W., Beaty, K.G. et McCullough, G.K., 1978. «Initial shoreline erosion in a permafrost affected reservoir, Southern Indian Lake, Canada». Proceedings Third International Conference on Permafrost, Edmonton, Alberta, July 1978, National Research Council Canada, Ottawa, Vol. 1, pp. 833-839.

Nixon, J.F., 1982. «Frost heave predictions using the segregation potential concept». *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 19, No. 4, pp. 526-529.

Nixon, J.F. et Morgenstern, N.R., 1973. «The residual stress in thawing soils». *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 10, No. 4, pp. 571-580.

Osterkamp, T.E. et Payne, M.W., 1981. «Estimates of permafrost thickness from well logs in northern Alaska». *Cold Regions Science and Technology*, Vol. 5, No. 1, pp. 13-27.

Pawluk, S. et Brewer, R., 1975. «Micromorphological and analytical characteristics of some soils from Devon and King Christian Islands, N.W.T.». *Canadian Journal of Soil Science*, Vol. 55, No. 3, pp. 349-361.

Payette, S. et Seguin, M.K., 1979. «Les buttes minérales cryogènes dans les basses terres de la rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec», dans : *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 33, pp. 339-358.

Penner, E., 1967. «Pressures developed during the uni-directional freezing of water-saturated porous materials». Proceedings International Conference on Low Temperature Science, Sapporo, Japan, 1966, Vol. 1, Part 2, pp. 1401-1412.

Penner, E., 1968. «Particle size as a basis for predicting frost action in soils». *Soils and Foundations*, Vol. 8, No. 4, pp. 21-29.

Penner, E., 1970. «Thermal conductivity of frozen soils». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 7, No. 3, pp. 982-987.

Penner, E., 1972. «Soil moisture redistribution by ice lensing in freezing soils». Proceedings 17th Annual Meeting, Canadian Society of Soil Science, Lethbridge, Alberta, July 1971, pp. 44-62.

Péwé, T.L., 1954. «Effect of permafrost upon cultivated fields». U.S. Geological Survey, Bulletin 989-F, pp. 315-351.

Péwé, T.L., 1983. «Alpine permafrost in the contiguous United States: A review». *Arctic and Alpine Research*, Vol. 15, No. 2, pp. 145-156.

Pihlainen, J.A. et Johnston, G.H., 1963. *Guide to a field description of permafrost*. National Research Council Canada, Associate Committee on Soil and Snow Mechanics, Ottawa, Technical Memorandum No. 79, 21 p.

Pissart, A., 1966. «Étude de quelques pentes de l'Ile Prince Patrick», dans : *Annales de la Société géologique de Belgique*, vol 89, nº 9, pp. 377-402.

Pissart, A., 1967. «Les pingos de l'Ile Prince Patrick», dans : *Geographical Bulletin*, vol. 9, no. 3, pp.189-217.

Pissart, A., 1968. «Les polygones de fente de gel de l'Ile Prince Patrick», dans : *Biuletyn Periglacjalny*, nº 17, pp. 171-180.

Pissart, A., 1970. «Les phénomènes physiques liés au gel, les structures périglaciares qui en résultent et leur signification climatique», dans : *Annales de la Société géologique de Belgique*, vol. 90, pp. 7-49.

Pissart, A., 1975. «Glace de ségrégation, soulèvement du sol et phénomènes thermokarstiques dans les régions à pergélisol», dans: *Bulletin de la Société géographique de Liège*, nº 11, pp. 89-96.

Pissart, A., 1976. «Sols à buttes, cercles non triés et sols striés non triés de l'Ile de Banks (Canada, T.N.-O.)», dans: *Biuletyn Peryglacjalny*, nº 26, pp. 275-285.

Pissart, A. et French, H.M., 1976. «Pingo investigations, north central Banks Island, Canadian Arctic». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 13, No. 7, pp. 937-946.

Pissart, A. et Gangloff, P. 1984. «Les palses minérales et organiques de la vallée de l'Aveneau près de Kuujjuaq, Québec subarctique», dans: *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 38, no 3, pp. 217-228.

Pollard, W.H. et French, H.M., 1980. «A first approximation of the volume of ground ice, Richards Island, Pleistocene Mackenzie Delta, Northwest Territories, Canada». *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 17, No. 4, November, pp. 509-516.

Pollard, W.H. et French, H.M., 1984. «The groundwater hydraulics of seasonal frost mounds, North Fork Pass, Yukon Territory». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 21, No. 10, pp. 1073-1081.

Polunin, N., 1951. «The real Arctic; suggestions for its delimitation, subdivision, and characteristics». *Journal of Ecology*, Vol. 39, pp. 308-315.

Poppe, V. et Brown, R.J.E., 1976. *Russian-English glossary of permafrost terms*. National Research Council Canada, Associate Committee on Geotechnical Research, Ottawa, Technical Memorandum No. 117, 25 p.

Porsild, A.E., 1938. «Earth mounds in unglaciated Arctic northwest America». *Geographical Review*, 28, pp. 46-58.

Price, W.A., 1968. «Oriented lakes», dans: *Encyclopedia of Geomorphology* (R.W. Fairbridge, éditeur), Reinhold Book Corporation, New York, N.Y., pp. 784-796.

Rampton, V.N. 1974. «The influence of ground ice and thermokarst upon the geomorphology of the Mackenzie-Beaufort region», dans: *Research in Polar and Alpine Geomorphology* (B.D. Fahey et R.D. Thompson, éditeurs), Proceedings 3rd Guelph Symposium on Geomorphology, pp. 43-59.

Rampton, V.N. et Mackay, J.R., 1971. *Massive ice and icy sediments throughout the Tuktoyaktuk Peninsula, Richards Island, and nearby areas, District of Mackenzie*. Geological Survey of Canada, Ottawa, Paper 71-21, 16 p.

Rampton, V.N. et Walcott, R.I., 1974. «Gravity profiles across ice cored topography». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 11, No. 1, pp. 110-122.

Rapp, A. et Clark, G.M., 1971. «Large nonsorted polygons in Padjelanta National Park, Swedish Lappland». *Geografiska Annaler*, 53A, pp. 71-85.

Raup, H.M., 1966. «Turf hummocks in the Mesters Vig District, Northeast Greenland». Proceedings Permafrost International Conference, Lafayette, Indiana, November 1963, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., Publication 1287, pp. 43-50.

Reger, R.D. et Péwé, T.L., 1976. «Cryoplanation terraces: indicators of a permafrost environment». *Quaternary Research*, Vol. 6, pp. 99-109.

Rex, R.W., 1961. «Hydrodynamic analysis of circulation and orientation of lakes in northern Alaska», dans: *Geology of the Arctic* (G.O. Raasch, éditeur), University of Toronto Press, Toronto, Vol. 2, pp. 1021-1043.

Saint-Onge, R., 1965. *La géomorphologie de l'Île Ellef Ringnes, Territoires du Nord-Ouest, Canada*, ministère des Mines et des Relevés techniques, Étude géographique, nº 38, VI + 46 p.

Savage, C.N., 1968. «Mass wasting», dans: *Encyclopedia of Geomorphology* (R.W. Fairbridge, éditeur), Reinhold Book Corporation, New York, N.Y., pp. 696-700.

Schunke, E., 1975. *Die Periglazialerscheinungen Islands in Abhängigkeit von Klima und Substrat. Akad. Wiss.* Göttingen Abh., Math.-Phys. Kl. Folge 3, 30, 273 p.

Scotter, G.W. et Zoltai, S.E., 1982. «Earth hummocks in the Sunshine area of the Rocky Mountains, Alberta and British Columbia». *Arctic*, Vol. 35, No. 3, pp. 411-416.

Séguin, M.K. et Allard, M., 1984. «Le pergélisol et les processus thermokarstiques de la région de la rivière Nastapoca, Nouveau-Québec», dans: *Géographie physique et quaternaire*, vol 38, pp. 11-25.

Sellmann, P.V., Brown J., Lewellen, R.I., McKim, H. et Merry, C., 1975. *The classification and geomorphic implications of thaw lakes on the Arctic coastal plain, Alaska.* U.S. Army, C.R.R.E.L., Hanover, New Hampshire, Research Report 344, 24 p.

Sellmann, P.V. et Hopkins, D.M., 1984. «Subsea permafrost distribution on the Alaskan shelf». Final Proceedings Fourth International Conference on Permafrost, Fairbanks, Alaska, July 1983, U.S. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 75-82.

Seppälä, M., 1972. «The term «palsa»». *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. 16, p. 463.

Shilts, W.W., 1978. «Nature and genesis of mudboils, central Keewatin, Canada». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 15, No. 7, pp. 1053-1068.

Soloviev, P.A., 1973. «Thermokarst phenomena and landforms due to frost heaving in Central Yakutia». *Biuletyn Peryglacjalny*, 23, pp. 135-155.

Stanek, W., 1977. «A list of terms and definitions». Annexe de: *Muskeg and The Northern Environment in Canada*, University of Toronto Press, Toronto, Ontario, pp. 367-382.

Stanek, W. et Worley, I.A., 1983. «A terminology of virgin peat and peatlands». Proceedings International Symposium on Peat Utilization (C.H. Fuchsman et S.A. Spigarelli, éditeurs), Bemidji State University, Bemidji, Minnesota, October 1983, pp. 75-102.

Stearns, S.R., 1966. *Permafrost (perennially frozen ground).* U.S. Army, C.R.R.E.L., Hanover, New Hampshire, Monograph I-A2, 77 p.

Swinzow, G.K., 1966. «Tunneling and subsurface installations in permafrost». Proceedings Permafrost International Conference, Lafayette, Indiana, November 1963, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., Publication 1287, pp. 519-526.

Taber, S., 1929. «Frost heaving». *Journal of Geology*, Vol. 37, pp. 428-461.

Tarnocai, C., 1973. *Soils of the Mackenzie River area.* Indian and Northern Affairs Canada, Environmental-Social Program, Northern Pipelines, Task Force on Northern Oil Development, Ottawa, Report No. 73-26, 136 p.

Tarnocai, C., 1980. «Summer temperatures of cryosolic soils in the north-central Keewatin, N.W.T.». *Canadian Journal of Soil Science*, Vol. 60, No. 2, pp. 311-327.

Tarnocai, C. et Zoltai, S.C., 1978. «Earth hummocks of the Canadian Arctic and Subarctic». *Arctic and Alpine Research*, Vol. 10, No. 3, pp. 581-594.

Thorarinsson, A., 1951. «Notes on patterned ground in Iceland, with particular reference to the Icelandic 'flas'». *Geografiska Annaler*, Vol. 33, pp. 144-156.

Thorn, C.E., 1976. «A model of stoney earth circle development, Schefferville, Quebec». Association of American Geographers, Proceedings, Vol. 8, pp. 19-23.

Tolstikhin, N.I., et Tolstikhin, O.N., 1974. «Groundwater and surface water in the permafrost region». Chapter IX, *General Permafrost Studies* (P.I. Melnikov et O.N. Tolstikhin, éditeurs), U.S.S.R. Academy of Sciences, Novosibirsk. Traduction anglaise par Environnement Canada, Inland Waters Directorate, Ottawa, Technical Bulletin No. 97, 1976, 25 p.

Tricart, J. et Cailleux, A., 1967. *Traité de géomorphologie.* vol. 2, «Le modelé des régions périglaciares», Société d'édition d'enseignement supérieur, Paris, 512 p.

Tsytovich, N.A., 1973. *Mekhanika Merzlykh gruntov (The mechanics of frozen ground)*, Vysshaya Shkola Press, Moscow (en russe), 446 p. Traduction par Scripta Technica (G.K. Swinzow et G.P. Tschebotarioff, éditeurs), Scripta/McGraw-Hill, New York, N.Y., 1975, 426 p.

U.S.S.R., 1969. (S.S. Vyalov, et G.V. Porkhaev, éditeurs). *Handbook for the design of bases and foundations of buildings and other structures on permafrost.* National Research Council Canada, Canada Institute for Scientific and Technical Information, Ottawa, Technical Translation TT-1865, 1976, 286 p.

U.S.S.R., 1973. (Sarkisyan et al., éditeurs). *Handbook on the determination of the physical, thermal and mechanical properties of frozen soils.* National Research Council Canada, Canada Institute for Scientific and Technical Information, Ottawa, Technical Translation TT-2064, 1983, 202 p.

U.S. Army/Air Force, 1966. *Arctic and subarctic construction: general provisions.* Technical Manual TM-852-1/AFM 88-19, Chapter 1, 48 p.

van Everdingen, R.O., 1976. «Geocryological terminology». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 13, No. 6, pp. 862-867.

van Everdingen, R.O., 1978. «Frost mounds at Bear Rock, near Fort Norman, N.W.T., 1975-1976». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 15, No. 2, pp. 263-276.

van Everdingen, R.O., 1985. «Unfrozen permafrost and other taliks». Workshop on Permafrost Geophysics, Golden, Colorado, October 1984 (J. Brown, M.C. Metz, P. Hoekstra, éditeurs). U.S. Army, C.R.R.E.L., Hanover, New Hampshire, Special Report 85-5, pp. 101-105.

Vinson, T.S., 1978. «Parameter effects on dynamic properties of frozen soils». American Society of Civil Engineers, Journal Geotechnical Engineering Division, Vol. 104, No. GT10, pp. 1289-1306.

Vyalov, S.S., 1959. *Rheological properties and bearing capacity of frozen soils.* U.S. Army, C.R.R.E.L., Hanover, New Hampshire, Translation 74, 1965, 219 p.

Walker, H.J. et Arnborg, L., 1966. «Permafrost and ice-wedge effect on riverbank erosion». Proceedings Permafrost International Conference, Lafayette, Indiana, November 1963, U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C., Publication 1287, pp. 164-171.

Wallace, R.F., 1948. «Cave-in lakes in the Nabesna, Chisana and Tanana River valleys, eastern Alaska». *Journal of Geology*, Vol. 56, pp. 171-181.

Washburn, A.L., 1956. «Classification of patterned ground and review of suggested origins». *Bulletin Geological Society of America*, Vol. 67, pp. 823-865.

Washburn, A.L., 1973. *Periglacial processes and environments.* Edward Arnold, London, 320 p.

Washburn, A.L., 1979. *Geocryology.* Edward Arnold, London, 406 p.

Washburn, A.L., 1980. «Permafrost features as evidence of climatic change». *Earth Science Reviews*, Vol. 15, pp. 327-402.

Washburn, A.L., 1983. «What is a Palsa?», dans: *Mesoformen des Reliefs im Heutigen Periglazialraum* (H. Poser et E. Schunke, éditeurs), Göttingen, Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Mathematisch – Physikalische Klasse, Dritte Folge Nr. 35, pp. 34-47.

White, S.E., 1976a. «Is frost action really only hydration shattering? A Review». *Arctic and Alpine Research*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-6.

White, S.E., 1976b. «Rock glaciers and blockfields. Review and new data». *Quaternary Research*, Vol. 6, pp. 77-97.

Williams, J.R., 1965. *Ground water in permafrost regions: An annotated bibliography.* U.S. Geological Survey, Water-Supply Paper 1792, 294 p.

Williams, J.R., 1970. *Ground water in the permafrost regions of Alaska.* U.S. Geological Survey, Professional Paper 696, 83 p.

Williams, P.J., 1967. *Properties and behaviour of freezing soils.* Norwegian Geotechnical Institute, Publication No. 72, 119 p.

Zoltai, S.C., 1971. *Southern limit of permafrost features in peat landforms, Manitoba and Saskatchewan.* Geological Association of Canada, Special Paper No. 9, pp. 305-310.

Zoltai, S.C., 1972. «Palsas and peat plateaus in central Manitoba and Saskatchewan». *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 2, No. 3, pp. 291-302.

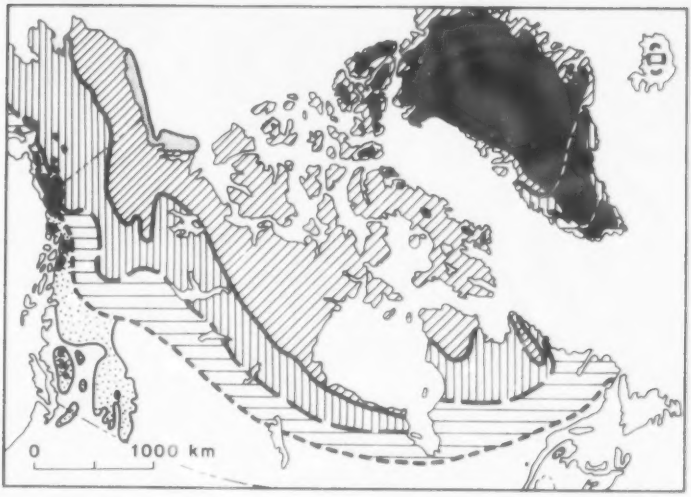
Zoltai, S.C., 1975. «Tree ring record of soil movements on permafrost». *Arctic and Alpine Research*, Vol. 7, No. 4, pp. 331-340.

Zoltai, S.C., et Pollett, F.C., 1983. «Wetlands in Canada: Their classification, distribution, and use», dans: *Mires, Swamp, Bog, Fen and Moor*, Regional Studies (A.J.P. Gore, éditeur), Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, pp. 245-268.

Zoltai, S.C., et Tarnocai, C., 1971. «Properties of a wooded palsa in Northern Manitoba». *Arctic and Alpine Research*, Vol. 3, No. 2, pp. 115-119.

Zoltai, S.C. et Tarnocai, C., 1975. «Perennially frozen peatlands in the western Arctic and Subarctic of Canada». *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 12, No. 1, pp. 28-43.

Figures



Zone de *pergélisol continu* (> 80 % de la zone s'étend sur du pergélisol).

Limite méridionale de la zone de *pergélisol continu*.

Zone de *pergélisol discontinu* : sous-zone de pergélisol discontinu étendu (de 30 à 80 % de la zone s'étend sur du pergélisol).

Limite entre le *pergélisol discontinu* étendu et le *pergélisol discontinu* sporadique.

Zone de *pergélisol discontinu* : sous-zone de *pergélisol discontinu* sporadique (< 30 % de la zone s'étend sur du pergélisol).

Limite méridionale de la *région pergélisolée*.

Pergélisol alpin.

Limite du *pergélisol alpin*.

Pergélisol sous-marin connu.

Calottes glaciaires pérennes.

Figure 1 Le pergélisol au Canada (d'après Harris, 1986; Heginbottom, 1984; Johnston, 1981).

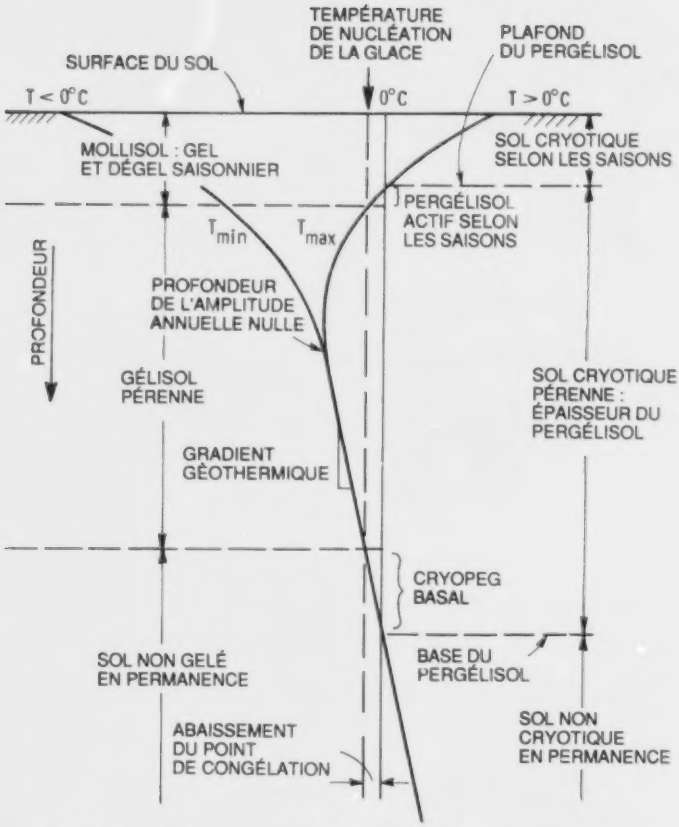


Figure 2 Termes utilisés pour décrire le sol et l'état de l'eau en fonction de la température (par rapport à 0 °C) et de la profondeur dans un milieu pergélisolé (modifié d'après van Everdingen, 1985).

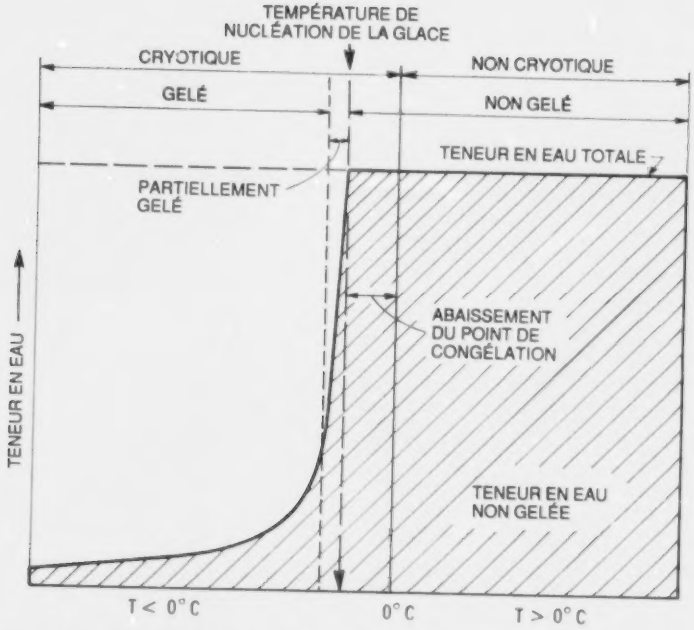


Figure 3 Termes utilisés pour décrire l'état de l'eau par rapport à la température dans un sol soumis au gel (modifié d'après van Everdingen, 1985).

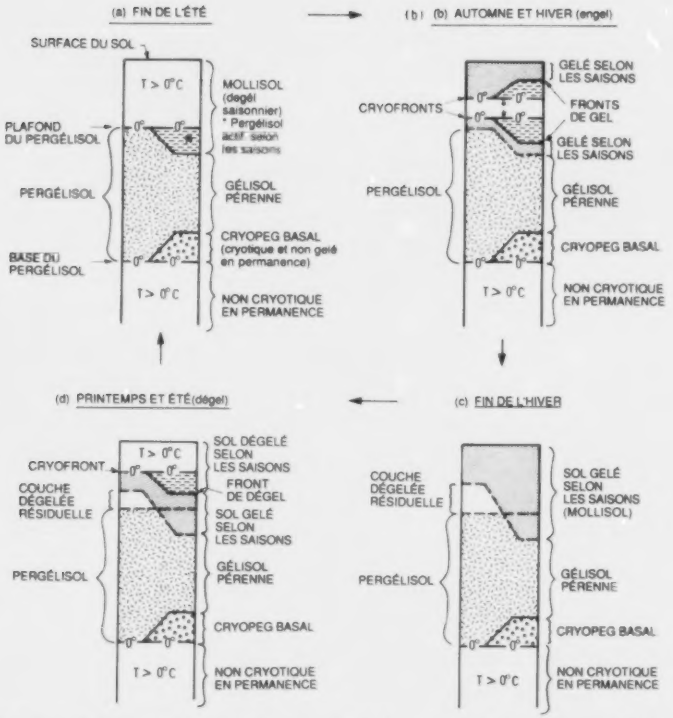


Figure 4 Termes utilisés pour décrire les variations saisonnières de la température du sol par rapport à 0 °C et l'état de l'eau en fonction de la profondeur dans un milieu pergélisolé (modifié d'après van Everdingen, 1985).

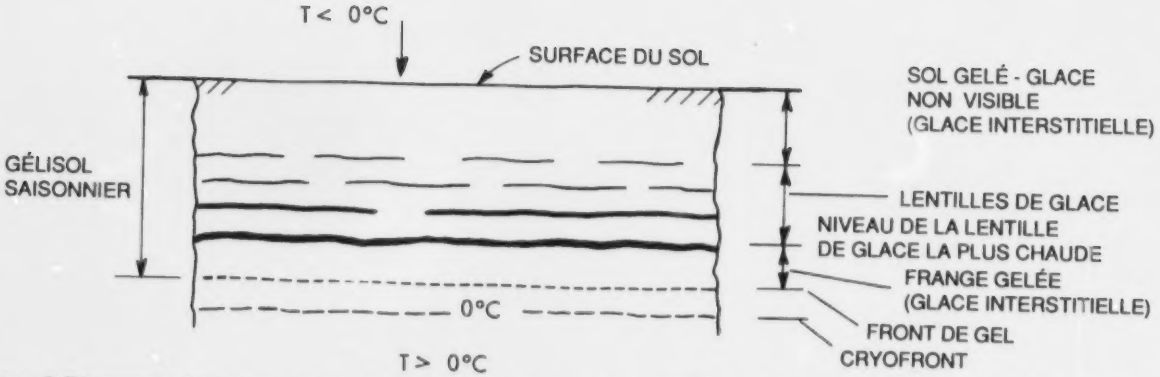


Figure 5 Diagramme schématique montrant les positions relatives de la *frange gelée*, du *front de gel* et du *cryofront* au cours de l'engel d'un sol gélif à grain fin.

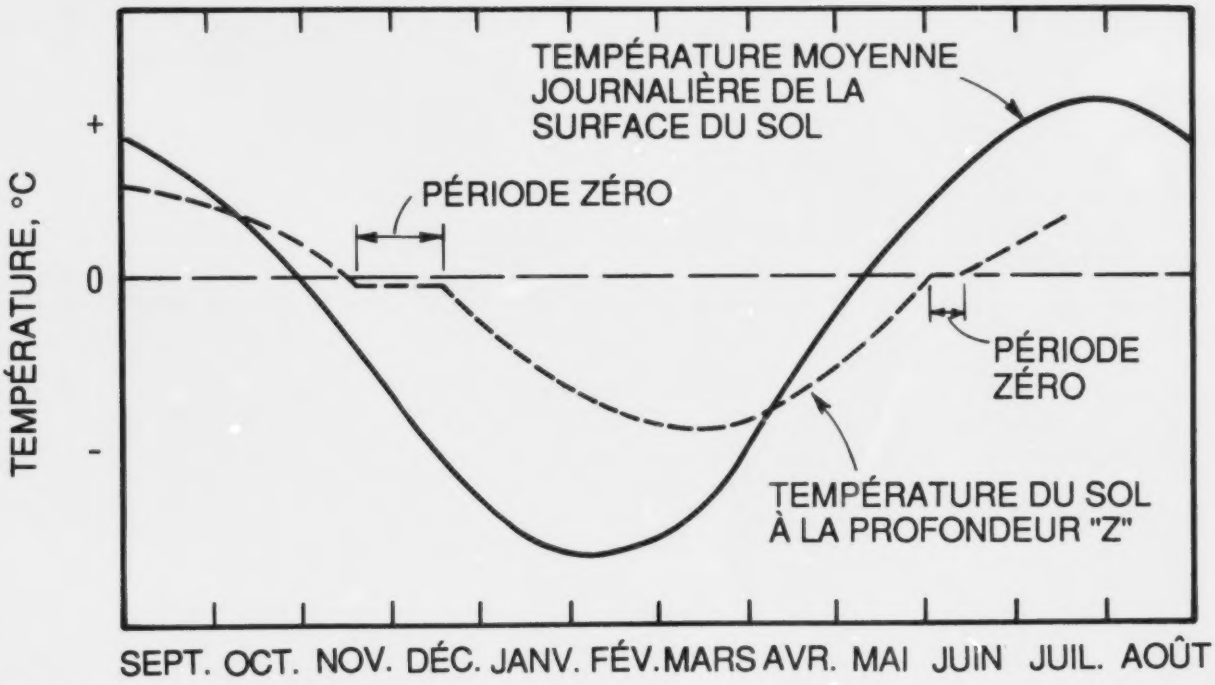


Figure 6 Diagramme schématique illustrant la *période zéro*.

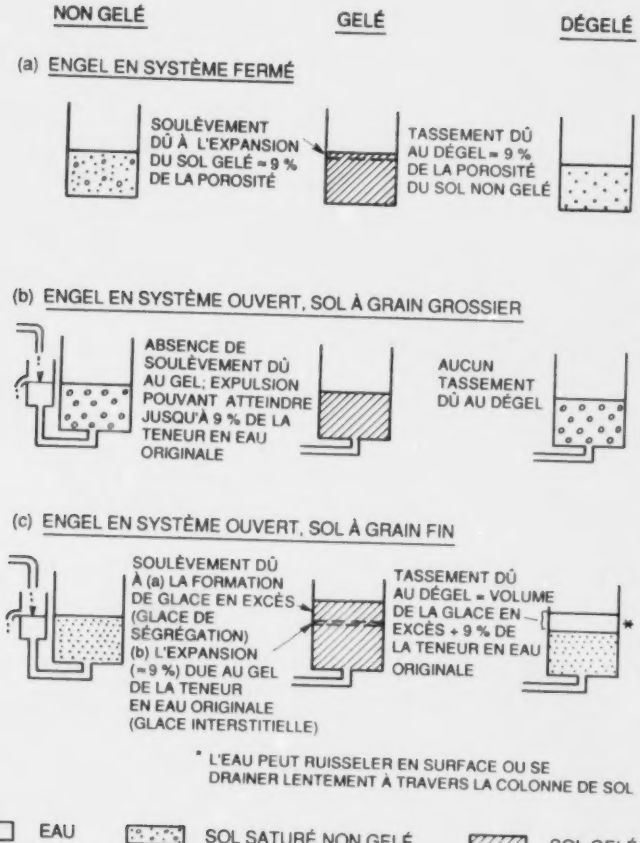


Figure 7 Diagrammes schématiques illustrant le *soulèvement dû au gel* et le *tassement dû au dégel* causés par le gel du sol en système fermé et en système ouvert et par la formation de *glace en excès*.

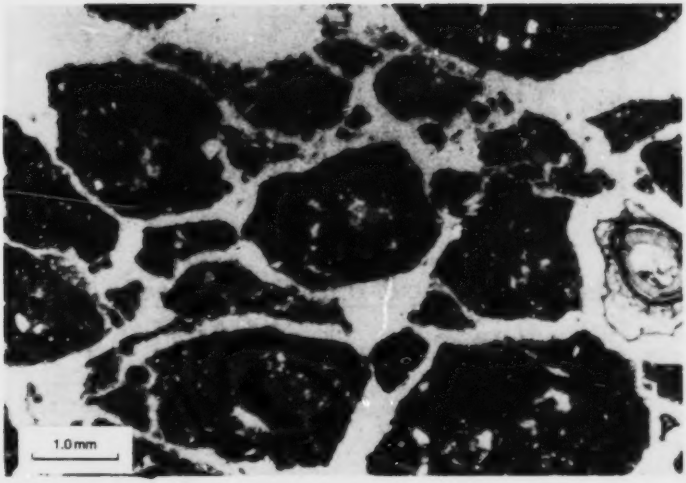


Figure 8 *Microstructures cryogéniques* telles qu'observées dans des lames minces. (Photographies par C.A. Fox d'Agriculture Canada, à l'exception de (c) par C. Tarnocai d'Agriculture Canada.)

(a) Unités discrètes de sol, de forme arrondie à subangulaire, (microstructure granulaire) qui ont été observées à une profondeur de 0 à 30 cm dans un cryosol turbique brunisolique formé dans une *butte de terre* située sur un till ondulé dans la plaine du Mackenzie (T.N.-O.). Lumière polarisée rectilignement, coupe verticale.

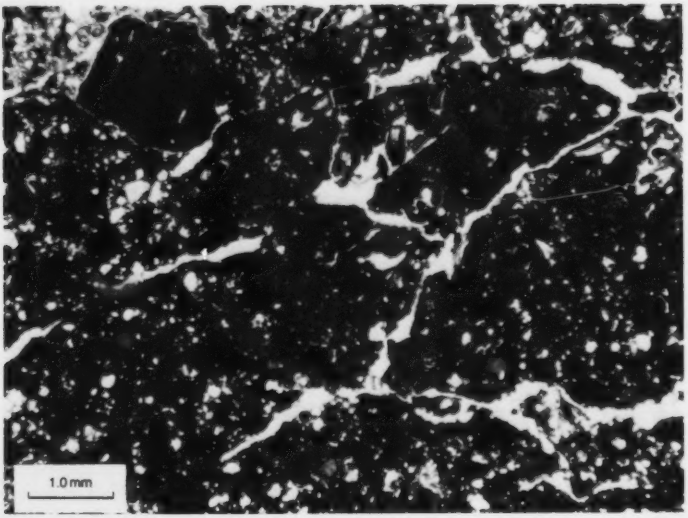


Figure 8 (suite)

(b) Vides planaires causés par la coalescence d'unités discrètes à leur point de contact (microstructure fragmoïdale). Cette structure a été observée dans un pergélisol à une profondeur de 25 à 38 cm dans un cryosol turbique orthique formé dans une *butte de terre* située sur un till ondulé dans la plaine du Mackenzie, près de la rivière Carcajou (T.N.-O.). Lumière polarisée rectilignement, coupe verticale.

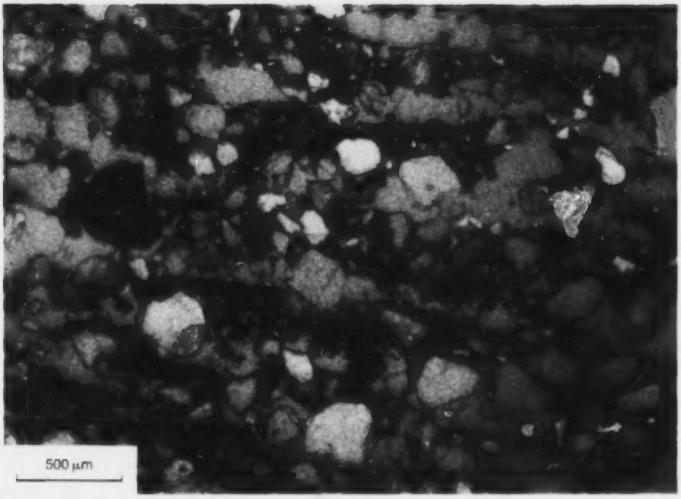


Figure 8 (suite)

(c) Microstructure laminée montrant une granulométrie de fine à grossière dans chacune des couches. Cette structure a été observée dans un *mollisol*, à environ 30 cm de profondeur dans un cryosol turbique orthique. Ce sol s'est formé dans un petit *polygone* situé sur un terrain ondulé près de la baie Goodsir, dans l'île de Bathurst (T.N.-O.). Nicols partiellement croisés, coupe verticale.

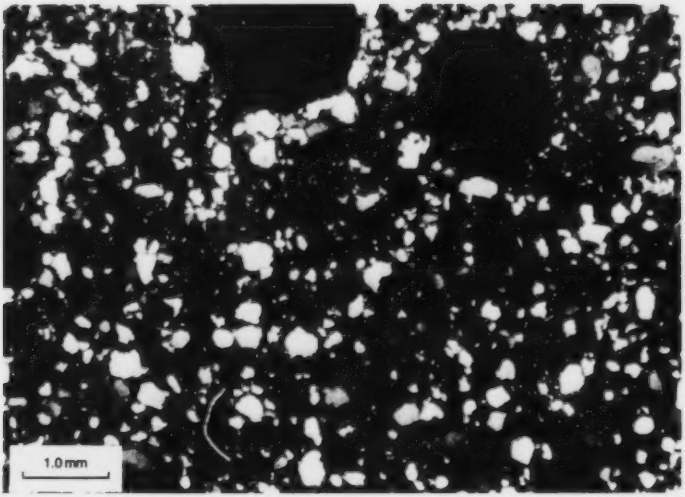


Figure 8 (suite)

(d) Les particules grossières adoptent une configuration allant de circulaire à ellipsoïdale que l'on appelle structure orbiculique. Les grandes zones circulaires sombres sont des vides interstitiels (pores vésiculaires). Cette structure a été observée à une profondeur de 0 à 20 cm dans un cryosol turbique orthique formé dans un cercle non trié situé sur des colluvions non glaciaires, dans la chaîne Carcajou (monts Mackenzie, T.N.-O.). Nicols entrecroisés, coupe verticale.

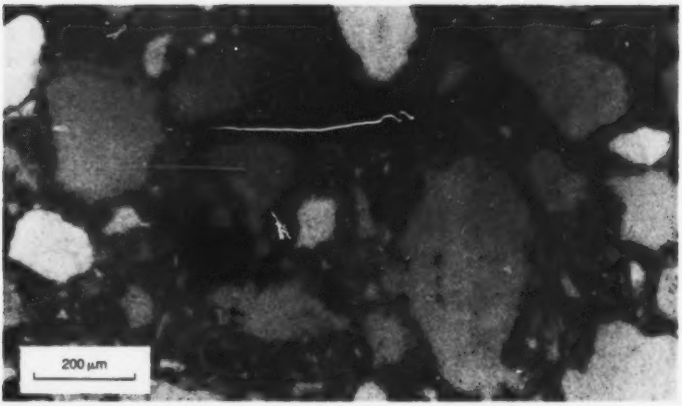


Figure 8 (suite)

(e) Les particules grossières sont orientées verticalement ou quasi verticalement (structure suscitique). Certaines de ces particules résultent aussi de l'accumulation superficielle de matériaux plus fins. Cette structure a été observée à une profondeur de 0 à 20 cm dans un cryosol turbique orthique formé dans un cercle non trié situé sur des colluvions non glaciaires, dans la chaîne Carcajou (monts Mackenzie, T.N.-O.). Nicols partiellement croisés, coupe verticale.

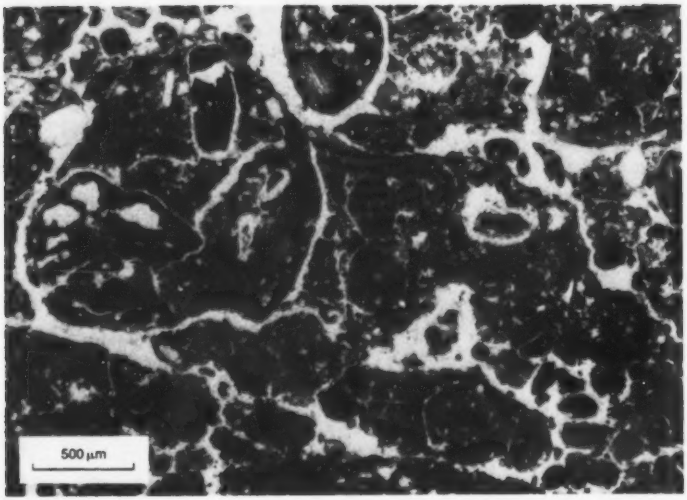


Figure 8 (suite)

(f) Les processus cryogéniques ont formé une structure complexe (conglomérique) dans laquelle des fragments et des unités arrondies discrètes sont déplacés, puis enrobés d'un matériau plus fin propice à la formation de lentilles de glace indiquée par les vides planaires associés. Cette structure a été observée dans un pergélisol à une profondeur de 31 à 65 cm dans un cryosol turbique gleysolique formé dans *butte de terre* située sur un till dans la région du plateau Horn (T.N.O.). Lumière polarisée rectilignement, coupe verticale.

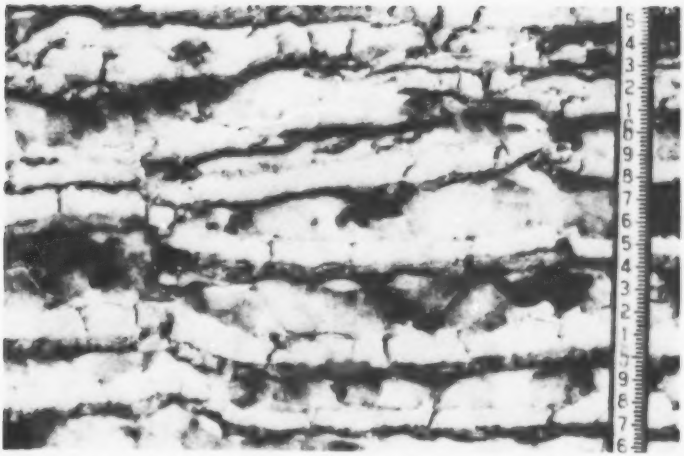


Figure 9a

Figure 9b

Figure 9 Exemples de *cryostructures* dans un sol gelé.

(a) *Glace de ségrégation* dans des argiles silteuses varvées d'origine glaciolacustre à Thompson au Manitoba. (Photographie par G.H. Johnston, Conseil national de recherches du Canada.)

(b) *Lentilles de glace* inclinées, de 30 à 80 cm de longueur et de 5 à 10 cm d'épaisseur, résultant du gel syngénétique subaqueux d'argiles silteuses glaciolacustres près de Mayo au Yukon. (Photographie par H.M. French, Université d'Ottawa.)

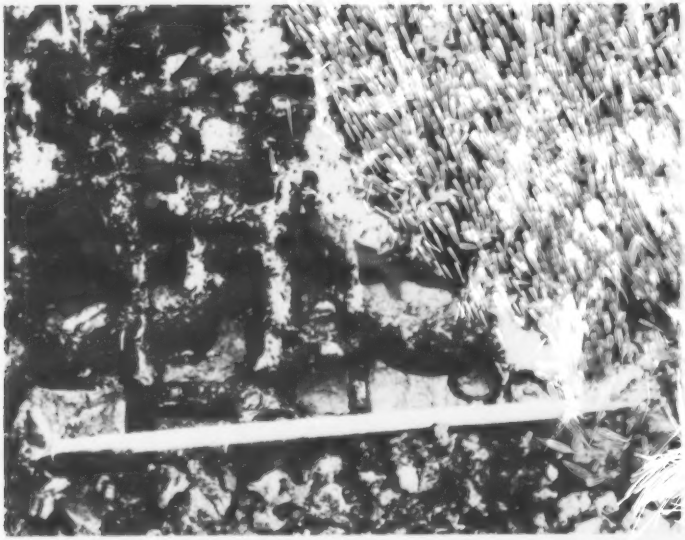


Figure 9 (suite)

(c) Réseau grossier de *veines de glace* formé dans une argile glaciolacustre à la pointe Sabine sur la plaine côtière de la mer de Beaufort au Yukon. (Photographie par D.G. Harry, Commission géologique du Canada.)

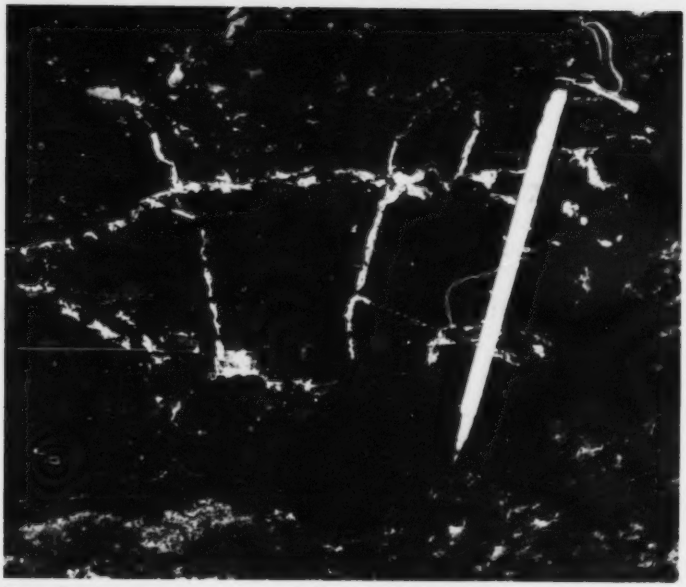


Figure 9 (suite)

(d) Fin réseau de *veines de glace* formé dans un diamicton d'argile silteuse dans l'île Pelly dans le delta du Mackenzie, T.N.-O. (Photographie par H.M. French, Université d'Ottawa.)

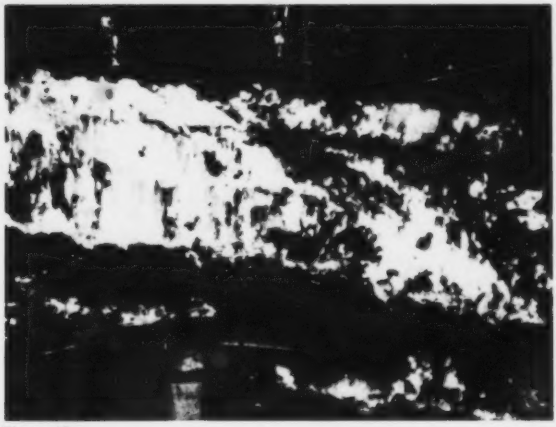


Figure 10a

Figure 10b

Figure 10 Exemples de types de *glace de sol.*

(a) *Glace d'accroissement* située au sommet d'un pergélisol et observée à 2 m de profondeur dans une tranchée pour pipeline à environ 98 km au sud de Norman Wells, T.N.-O. (Photographie par D.G. Harry, Commission géologique du Canada.)

(b) Glace (*glace de fissure de dilatation?*) située entre le noyau de glace et le sol graveleux silteux soulevé dans un *pingo effondré*, à la rivière Thomsen au centre nord de l'île Banks, T.N.-O. (Photographie par H.M. French, Université d'Ottawa.)

Figure 10c

Figure 10d

Figure 10 (suite)

(c) Cristaux de glace columnaires dans une couche de *glace intrusive* de 10 à 20 cm d'épaisseur dans une *butte saisonnière à noyau de glace*, au col North Fork, dans les monts Ogilvie au Yukon. (Photographie par W.H. Pollard, Memorial University.)

(d) *Glace massive* affleurant à la pointe Peninsula, à 5 km au sud-ouest de Tuktoyaktuk dans le delta du Mackenzie, T.N.-O. (Photographie par H.M. French, Université d'Ottawa.)

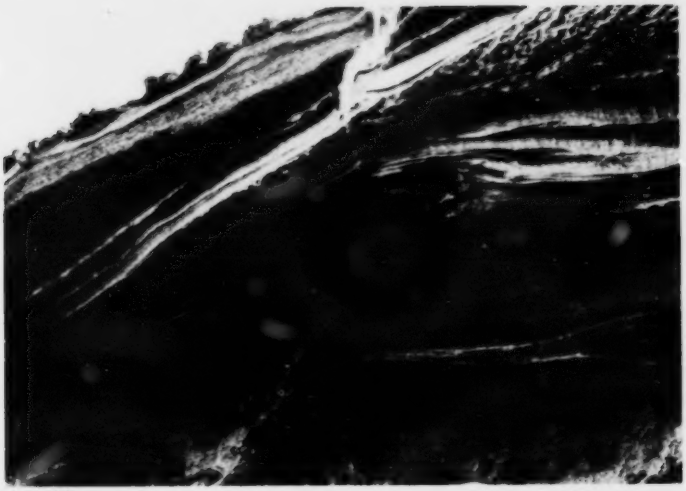


Figure 10e

Figure 10f

Figure 10 (suite)

(e) *Glace massive* déformée par la glacitectonique sur le littoral septentrional de l'île Pelly dans le delta du Mackenzie, T.N.-O. La hauteur de l'affleurement varie entre 7 et 10 m. (Photographie par D.G. Harry, Commission géologique du Canada.)

(f) *Glace massive* près de la pointe Sabine sur la plaine côtière de la mer de Beaufort au Yukon. (Photographie par H.M. French, Université d'Ottawa.)

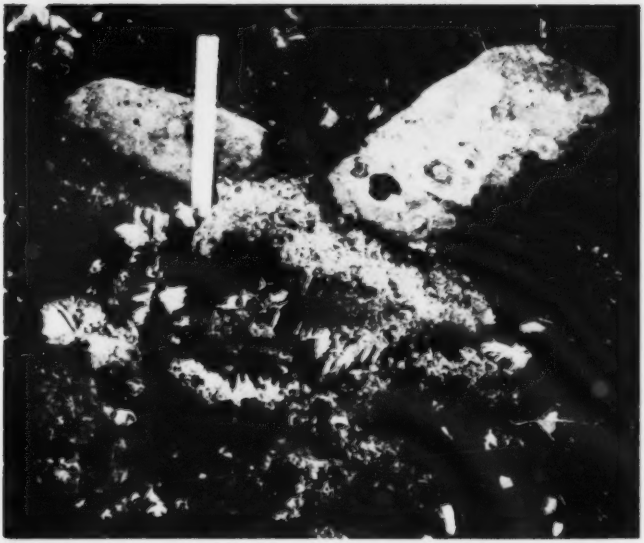


Figure 10g

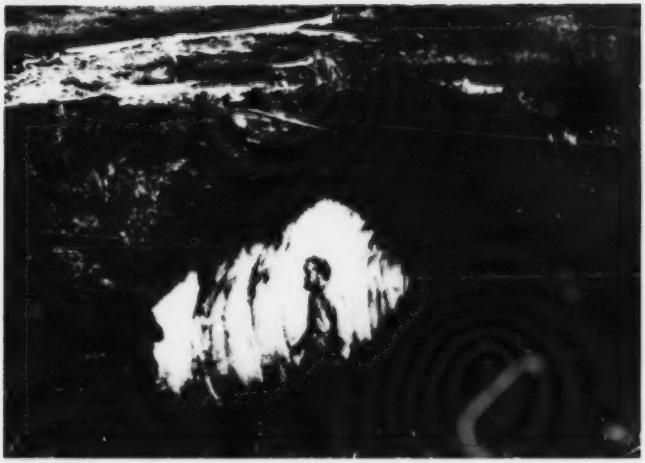


Figure 10h

Figure 10 (suite)

(g) *Aiguille de glace* exposée après enlèvement d'un caillou au col Boutillier, le long de la route de l'Alaska, au Yukon. (Photographie par S.A. Harris, université de Calgary.)

(h) Masse importante de *glace de pingo* affleurant près du sommet d'un petit *pingo* en croissance situé à 3 km à l'ouest de Tuktoyaktuk, dans le delta du Mackenzie, T.N.-O. (Photographie par H.M. French, Université d'Ottawa.)

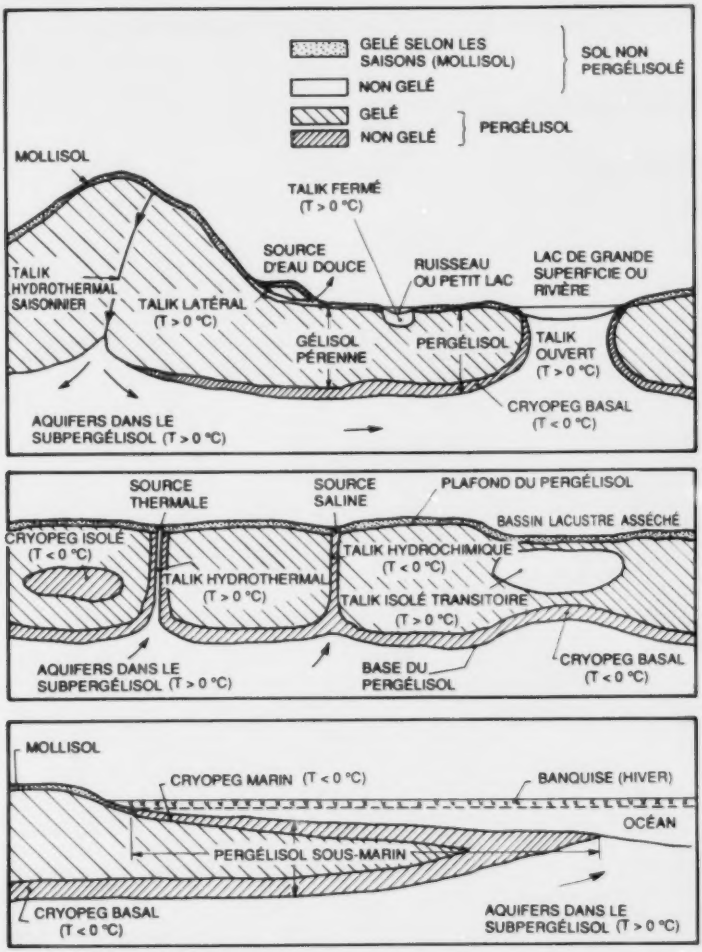


Figure 11 Coupes présentant les termes utilisés pour décrire les zones non gelés dans un milieu pergélisolé et indiquant les liens à établir entre l'eau superficielle et l'écoulement souterrain (modifié d'après van Everdingen, 1976).

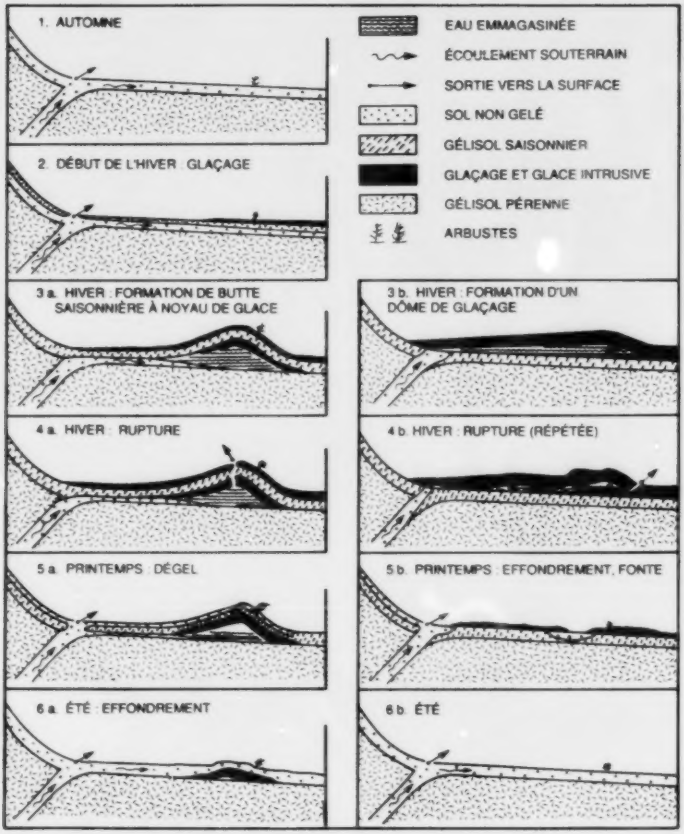


Figure 12 Séquence des événements à l'occasion de la formation et de la disparition des *buttes saisonnières à noyau de glace* et des *dômes de glaçage* (modifié d'après van Everdingen, 1978).

Figure 13a

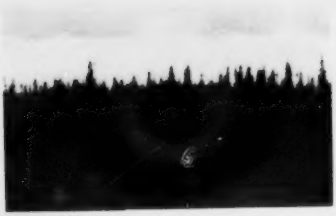


Figure 13b

Figure 13c

Figure 13 *Buttes cryogènes* saisonnières à Bear Rock, près de Fort Norman, T.N.-O. (Photographies par R.O. van Everdingen, Environnement Canada.)

(a) *Butte saisonnière à noyau de glace* au début de juillet, après la fonte de la neige et du *glaçage* environnant.

(b) La même *butte saisonnière à noyau de glace* au début de septembre après le dégel du gélisol saisonnier et l'effondrement partiel de la *glace intrusive* dans la cavité drainée.

(c) Cavité drainée (jusqu'à 40 cm de hauteur) sous la *glace intrusive* contenue dans l'une des *buttes saisonnières à noyau de glace* (à gauche, la partie découpée mesure environ 60 cm de hauteur).

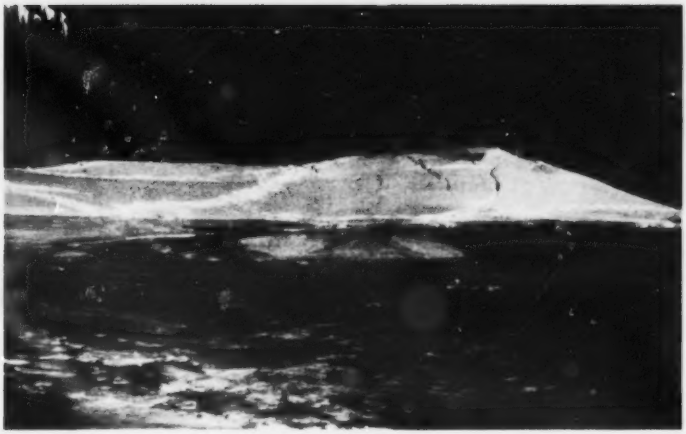


Figure 13d

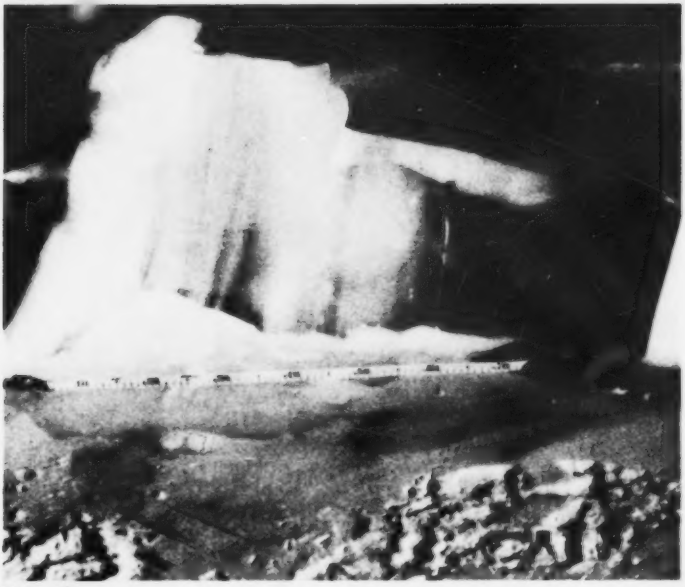


Figure 13e

Figure 13 (suite)

(d) *Dôme de glaçage* fissuré et partiellement effondré en mars (cavité drainée s'élevant à 90 cm de hauteur); remarquez le petit *dôme de glaçage* à l'arrière-plan.

(e) Bloc de glace de glaçage stratifié et *glace intrusive* massive dans un *dôme de glaçage* fracturé (le sommet est à gauche et le ruban est gradué en centimètres).

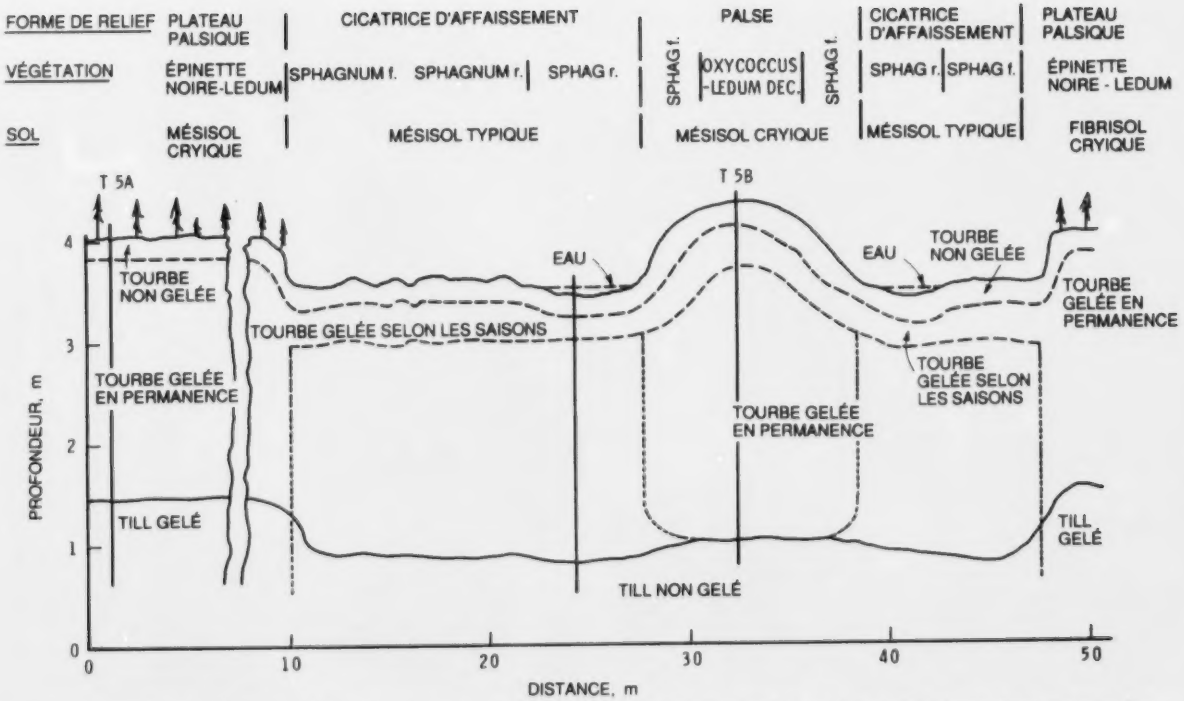


Figure 14 Coupe d'un terrain composé de *plateaux palsiques* et de *cicatrices d'affaissement* ainsi que d'une *palse* récente dans une zone de pergélisol discontinu (modifié d'après Tarnocai, 1973).

Figure 15a

Figure 15b

Figure 15 Exemples de formes de relief formées dans des *tourbières* pergélisolées.

(a) *Palses* et *plateaux palsiques*, région du lac Sheldrake au Québec. (Photographie par M.K. Séguin, Université Laval.)

(b) *Plateaux palsiques* formant des îles dans une *tourbière réticulée* non gelée dans la région du fleuve Nelson au Manitoba. (Photographie par S.C. Zoltai, Environnement Canada.)

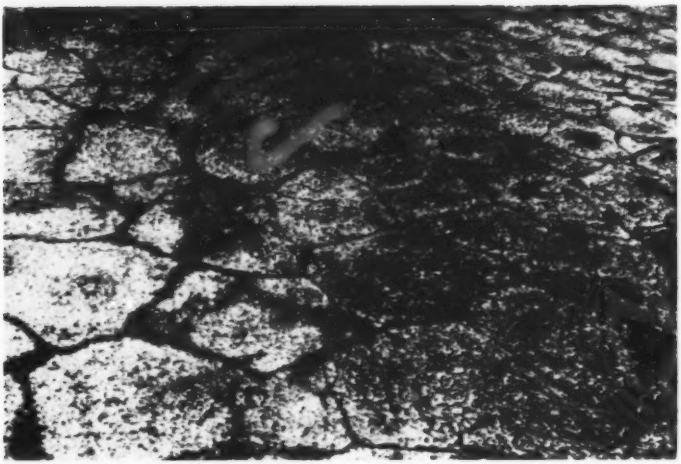


Figure 15c

Figure 15d

Figure 15 (suite)

(c) *Plateau palsique à polygones* près de la limite des forêts dans les monts Richardson, T.N.-O. (Photographie par S.C. Zoltai, Environnement Canada.)

(d) Vue amont d'une *tourbière réticulée* au lac La Ronge en Saskatchewan. (Photographie par S.C. Zoltai, Environnement Canada.)

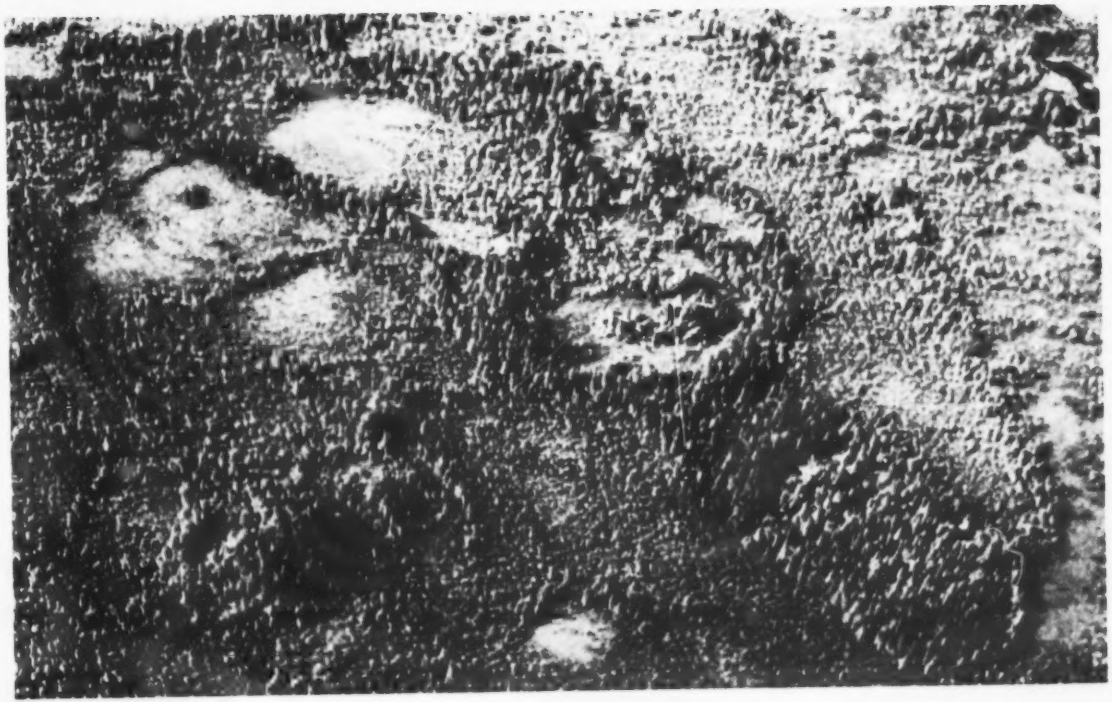


Figure 15 (suite)

(e) *Cicatrices d'affaissement* avec quelques *plateaux palsiques* résiduels indiqués par des arbres de grande taille, près de Wabowden, au Manitoba. (Photographie par S.C. Zoltai, Environnement Canada.)

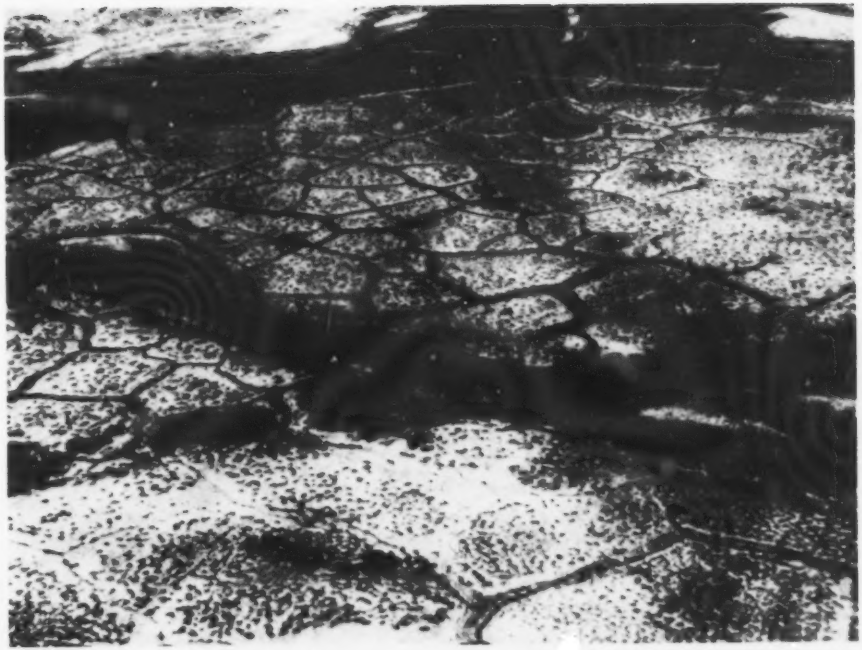


Figure 16 Exemples de *sol structuré.*

(a) Vue oblique aérienne de *polygones* à centre convexe formés sur des sédiments de la formation de Deer Bay, dans le nord de la péninsule Fosheim dans l'île d'Ellesmere, T.N.-O. (Photographie par M.F. Nixon, Commission géologique du Canada.)

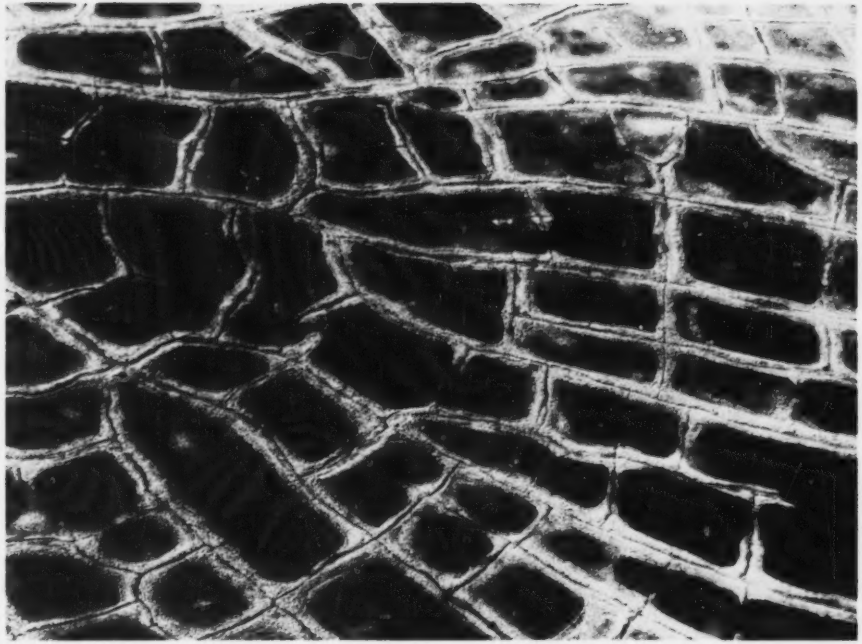


Figure 16 (suite)

(b) Vue oblique aérienne de *polygones* à centre concave sur une terrasse fluviale au nord du lac Raddi au sud-ouest de l'île Banks, T.N.-O. (Photographie par J.-S. Vincent, Commission géologique du Canada.)

Figure 16 (suite)

(c) *Ostioles* formées dans des silts lacustres peu profonds reposant sur un till, dans l'ouest de la baie Irène, au centre de l'île d'Ellesmere, T.N. O. (Photographie par D.A. Hodgson, Commission géologique du Canada.)

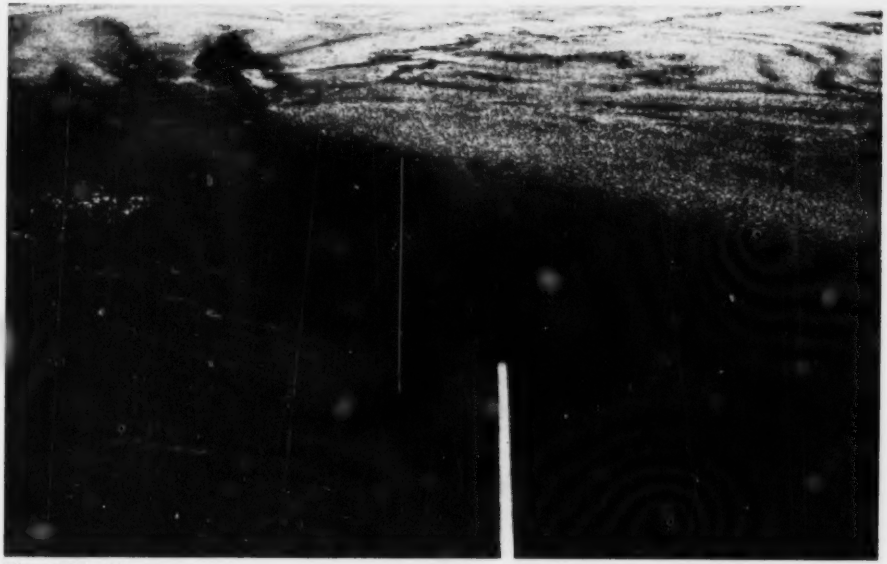


Figure 16 (suite)

(d) Nappe de *solifluxion* de till recouvrant des plages soulevées près du lac Kaminak (T.N.-O.); le till flue depuis un niveau supérieur à la limite marine. On peut observer des *ostioles* sur le till, des *polygones* à fissure de contraction thermique sur les plages soulevées et des traînées de solifluxion sur le till au centre droit du champ de vision. Le bas de la nappe de solifluxion forme une terrasse à gradin gazonné. La barre blanche est l'antenne de l'hélicoptère. (Photographie par W.W. Shilts, Commission géologique du Canada.)

Figure 16 (suite)

(e) Traînées non triées formées dans un till mince reposant sur du grès crétacé dans l'est de l'île Banks, T.N.-O. (Photographie par H.M. French, Université d'Ottawa.)

Figure 16 (suite)

(f) Traînées triées sur du grès fissile jurassique près de la baie Mould dans l'île du Prince Patrick, T.N.-O. (Photographie par H.M. French, Université d'Ottawa.)

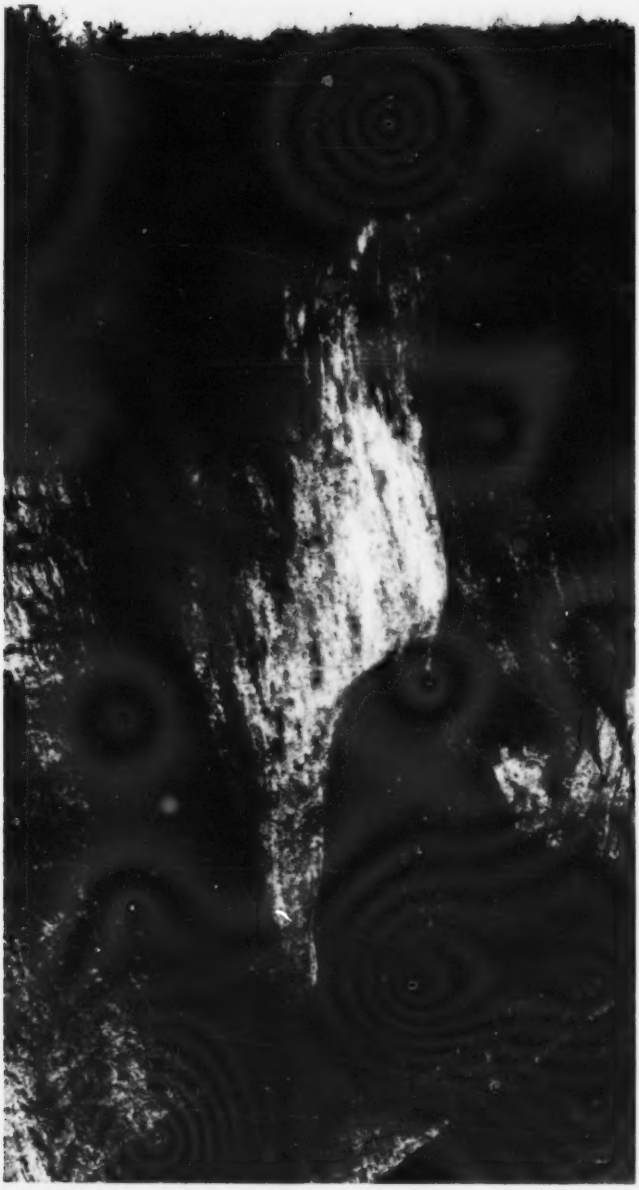
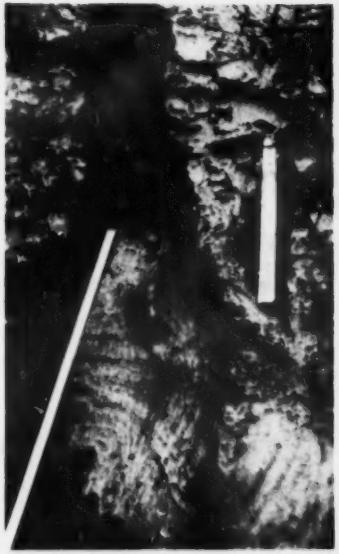


Figure 17 *Coins de glace, de sable* et *de sol.*

(a) Ce *coin de glace* mesure environ 4 m de largeur au sommet. Il s'est formé dans des silts lacustres post-glaciaires reposant sur des sédiments pléistocènes à haute teneur en glace, tronqués et déformés par des glaciers il y a plus de 40 000 ans. Ile Garry, T.N.-O. (Photographie par J.R. Mackay, Université de la Colombie-Britannique.)

Figure 17 (suite)

(b) *Coin de glace* inactif formé dans une argile silteuse dans les basses-terres de la rivière Sachs dans le sud de l'île Banks, T.N.-O. (Photographie par D.G. Harry, Commission géologique du Canada.)



(c) Petit *coin de glace* syngénétique formé dans un sable silteux datant de la fin du Quaternaire, dans les basses-terres de la rivière Sachs dans le sud de l'île Banks, T.N.-O. (Photographie par D.G. Harry, Commission géologique du Canada.)

(d) *Coin de glace* réactivé montrant un coin primaire et secondaire affleurant dans la falaise côtière située à 3 km à l'ouest de Sachs Harbour dans le sud de l'île Banks, T.N.-O. (Photographie par H.M. French, Université d'Ottawa.)

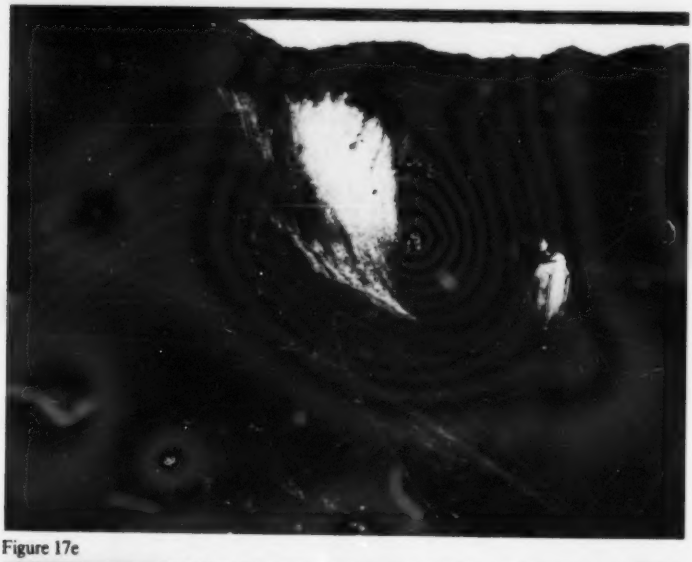


Figure 17e

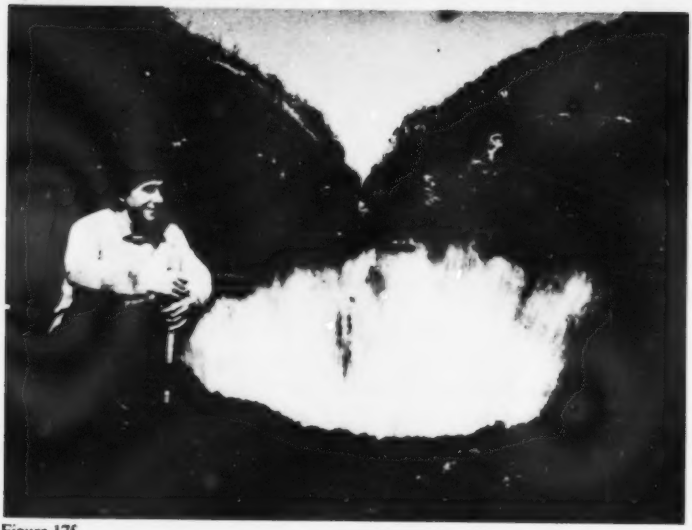


Figure 17f

Figure 17 (suite)

(e) *Coin de glace* épigénétique affleurant dans la falaise côtière située à 3 km à l'ouest de Sachs Harbour dans le sud de l'île Banks, T.N.-O. (Photographie par D.G. Harry, Commission géologique du Canada.)

(f) *Coin de glace* montrant une foliation, dans le sud de l'île Banks, T.N.-O. (Photographie par H.M. French, Université d'Ottawa.)

Figure 17 (suite)

(g) *Coin de sol* dans un paléosol « Wounded Moose » formé sur un till pré-Reid dans les collines Willow au Yukon. (Photographie par K. Valentine, Agriculture Canada.)

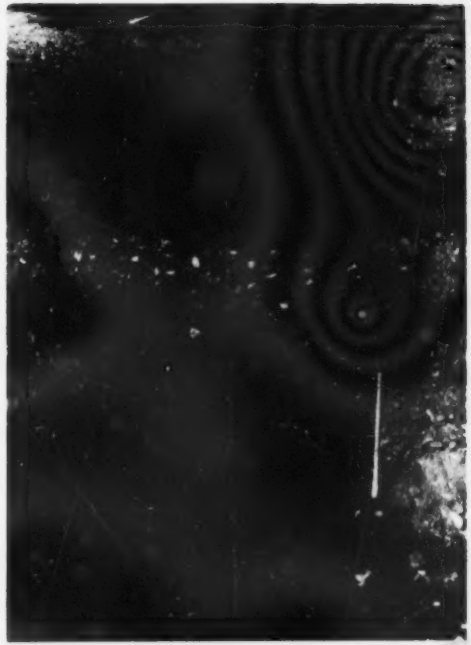


Figure 17

(h) *Coin de sable* situé sous une fissure de polygone dans des dépôts fluvioglaciaires dans la région de la rivière Mary dans le nord de l'île de Baffin, T.N.-O. (Photographie par G.H. Johnston, Conseil national de recherches du Canada.)

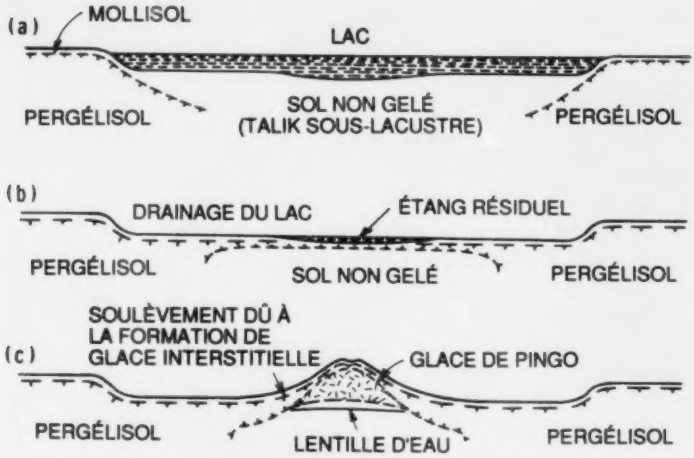


Figure 18 Schémas illustrant la croissance d'un *pingo en système fermé* (modifié d'après Mackay, 1985).

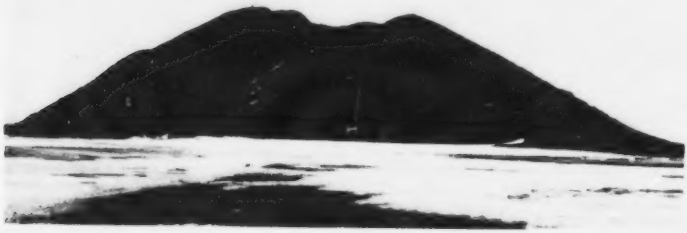


Figure 19 *Pingos.*

(a) Ce *pingo en système fermé* (pingo Ibyuk) mesure 49 m de haut et a un diamètre basal de 300 m; il s'est formé au fond d'un lac asséché près de Tuktoyaktuk (T.N.-O.). La plaine à l'arrière-plan est située juste au dessus du niveau de la mer et est inondée lorsqu'il a des tempêtes. Le sol de couverture du pingo mesure 15 m d'épaisseur, les sédiments sous-jacents sont des sables et le pingo continue de croître au sommet au rythme d'environ 2 cm par an. (Photographie par J.R. Mackay, université de la Colombie Britannique.)

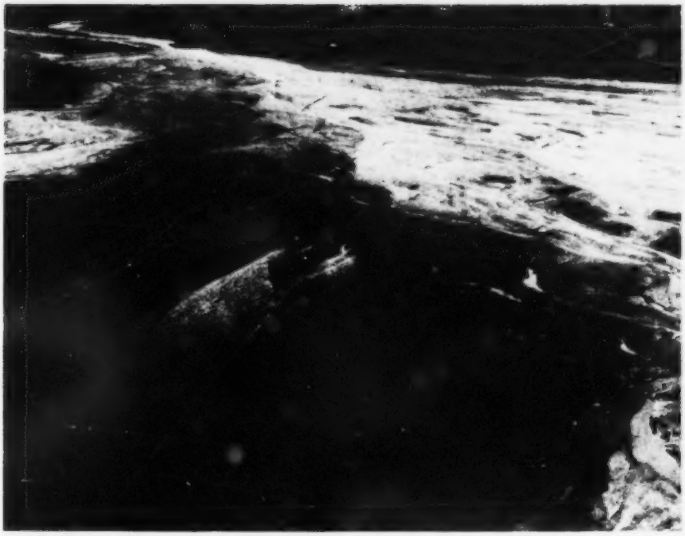


Figure 19b

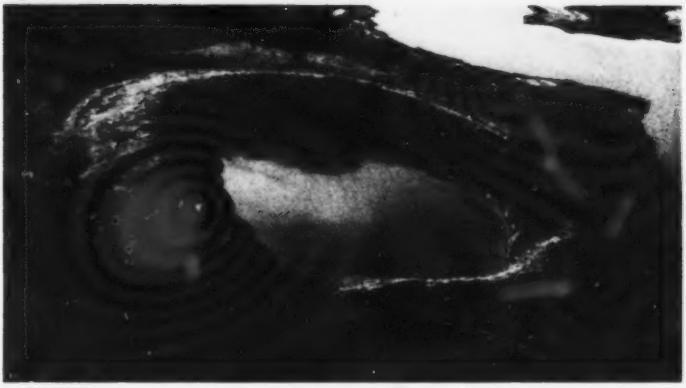


Figure 19c

Figure 19 (suite)

(b) *Pingo en système ouvert* sur le cône de déjection de la vallée de la rivière Mala dans la péninsule Borden de l'île de Baffin, T.N.-O. (Photographie par G.W. Scotter, Service canadien de la faune.)

(c) *Pingo effondré* près de Tuktoyaktuk (T.N.-O.). Le diamètre à la base mesure environ 300 m et est presque égal à celui du pingo Ibyuk (voir (a) ci-dessus). La profondeur de l'étang dans le pingo est de 5,4 m. Le pingo s'est probablement formé il y a au moins plusieurs milliers d'années; l'époque de l'effondrement est inconnue. (Photographie par J.R. Mackay, université de la Colombie-Britannique.)

Figure 20a

Figure 20b

Figure 20 Exemples de *buttes de terre*.

(a), (b) *Buttes de terre* près d'Inuvik (T.N.-O.) qui se sont formées sur des colluvions de silt-argile reposant sur du gravier d'épandage fluvioglaciaire. Les buttes mesurent de 1 à 2 m de diamètre et les dépressions entre les buttes mesurent de 25 à 50 cm de profondeur. Le sol minéral est exposé sur le sommet de plusieurs buttes; dans les dépressions pousse en général de la mousse sous laquelle de la glace subsiste durant toute l'année. La figure 20 (a) montre le terrain à l'état naturel : terrain boisé ouvert peuplé d'épinettes noires et d'aulnes. La figure 20 (b) montre le même terrain après un incendie de forêt survenu en 1968. (Photographies par H.M. French, Université d'Ottawa.)

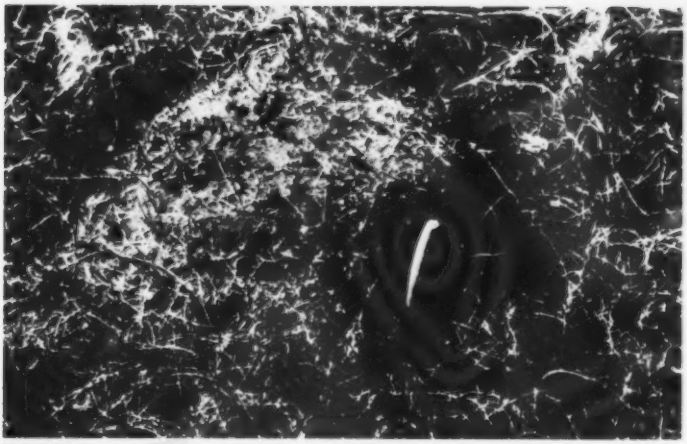


Figure 20c

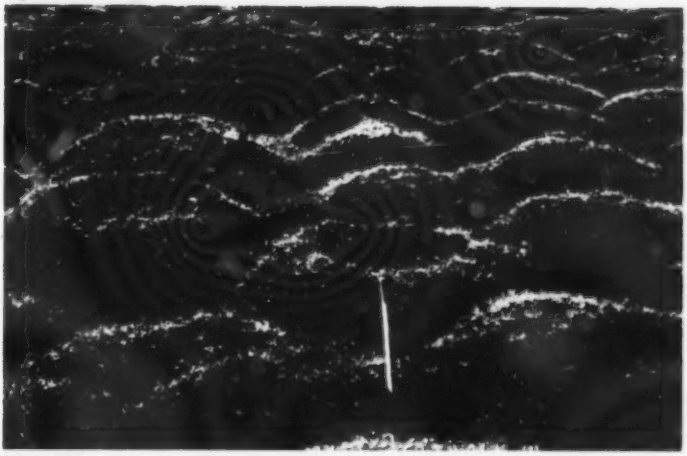


Figure 20d

Figure 20 (suite)

(c) *Butte gazonnée* composée de *Sphagnum fuscum* vivantes et mortes dans le district de Keewatin, T.N.-O. (Photographie par S.C. Zoltai, Environnement Canada.)

(d) *Thufurs* dans des sols de cendres volcaniques à Sunshine Meadows près de Banff, en Alberta. (Photographie par S.C. Zoltai, Environnement Canada.)

Figure 21a

Figure 21b

Figure 21 Exemples de *mouvement de masse* en zone pergélisolée.

(a) *Rupture du mollisol* dans la région amont de la rivière Ramparts dans la vallée du Mackenzie, T.N.-O. (Photographie par O.L. Hughes, Commission géologique du Canada.)

(b) *Rupture par décollement du mollisol* dans la vallée du Mackenzie, T.N.-O. (Photographie par O.L. Hughes, Commission géologique du Canada.)

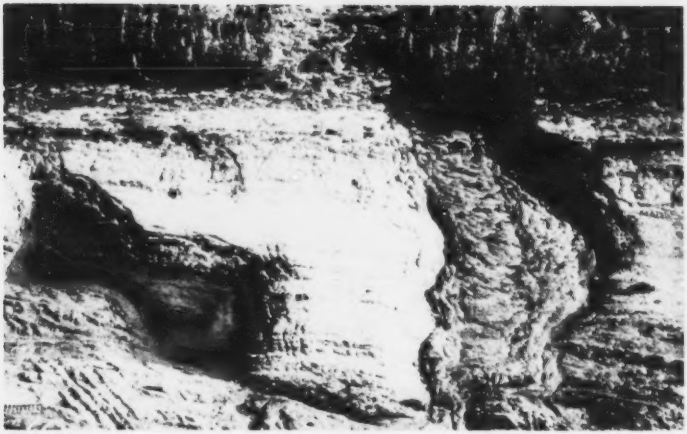


Figure 21c

Figure 21d

Figure 21 (suite)

(c) *Glissement régressif dû au dégel* dans un banc d'emprunt le long de la route Dempster près de Fort McPherson, T.N.-O. (Photographie par O.L. Hughes, Commission géologique du Canada.)

(d) *Glissement régressif dû au dégel* sur la plaine côtière du Yukon, près de la pointe King. (Photographie par J.-S. Vincent, Commission géologique du Canada.)

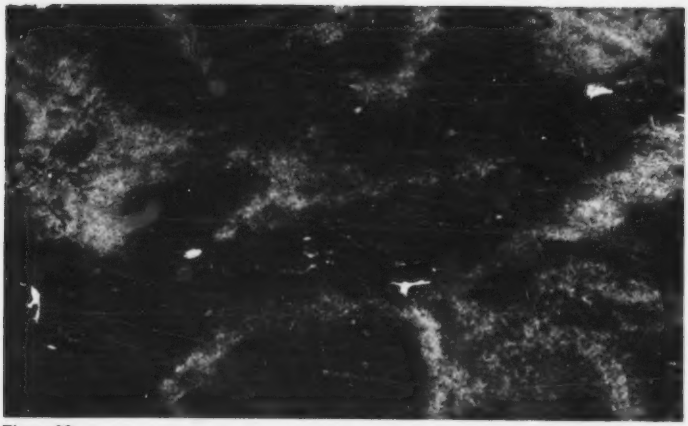


Figure 22a

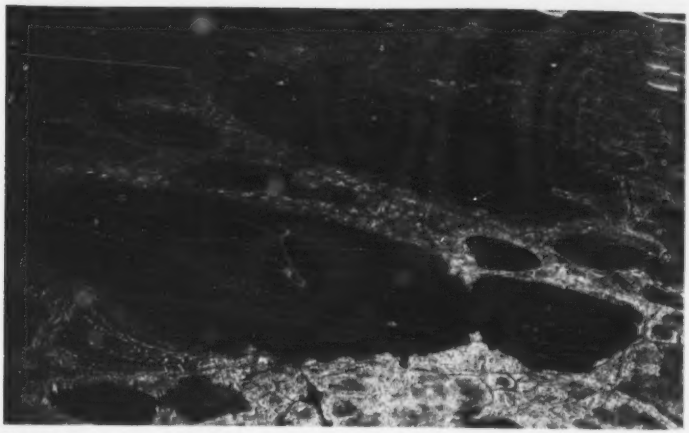


Figure 22b

Figure 22 Exemples de formes de relief thermokarstiques en zone pergélisolée.

(a) *Cours d'eau en chapelet* dans le delta du Mackenzie, T.N.-O. (Photographie par H.M French, Université d'Ottawa.)

(b) *Lacs orientés*, péninsule de Bathurst (T.N. O.). Le grande lac à l'arrière-plan mesure 250 m de long. Le grand axe des lacs est orienté parallèlement à la direction des vents d'été dominants. (Photographie par J.R. Mackay, université de la Colombie Britannique.)

Figure 22c

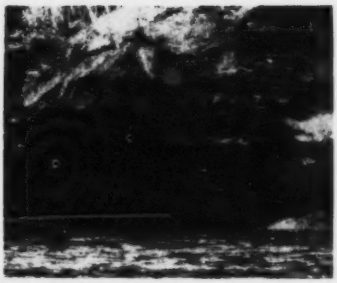


Figure 22d

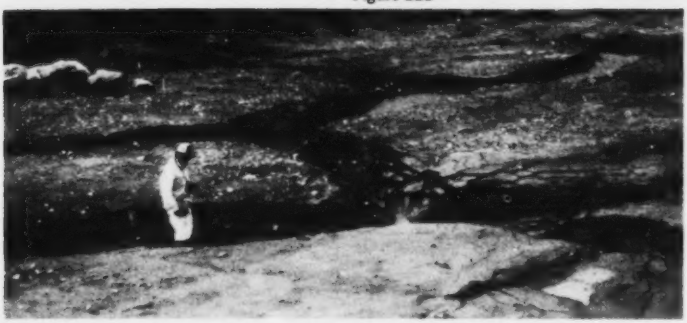


Figure 22e

Figure 22 (suite)

(c) *Lac de thermokarst* affichant une érosion littorale; rive d'un lac en expansion typique sur un pré arbustif à l'ouest du paysage de la rivière Takhini, sur la route de l'Alaska, au Yukon. (Photographie par R.W. Klassen, Commission géologique du Canada.)

(d) *Niche d'érosion thermique* sur la rive de la rivière Rock au Yukon. (Photographie par O.L. Hughes, Commission géologique du Canada.)

(e) *Modelé de thermokarst* récent résultant du dégel de *coins de glace* dans un banc d'emprunt le long de la route Dempster, près de la traversée de la rivière Blackstone, au Yukon. (Photographie par O.L. Hughes, Commission géologique du Canada.)

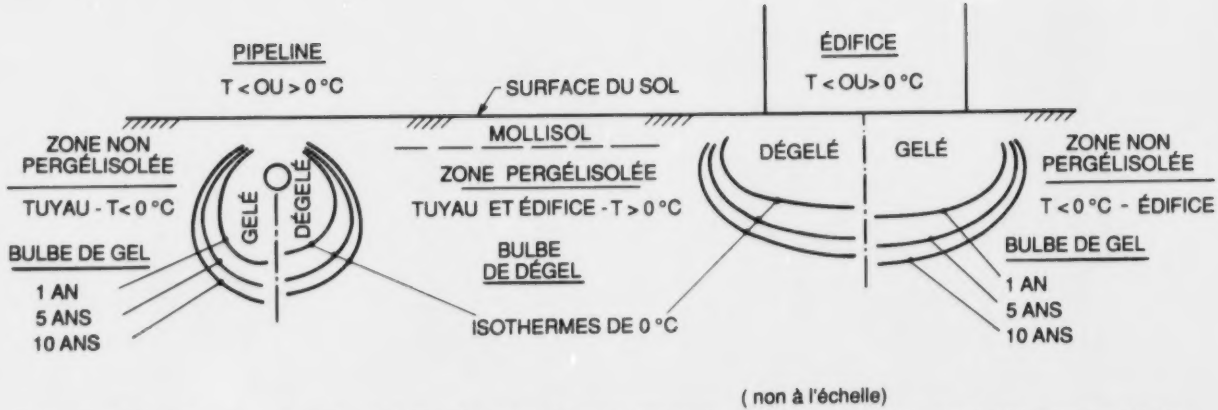


Figure 23 Schéma illustrant la formation de *bulbes de gel* et de *bulbes de dégel* autour de pipelines enfouis et sous des constructions placées sur le sol dans des zones pergélisolées et non pergélisolées. Dans le cas des constructions, le diagramme illustre un ouvrage froid dans une zone non pergélisolée (p. ex. une patinoire) et un ouvrage chaud dans une zone pergélisolée (p. ex. une centrale électrique). Dans le cas des pipelines, le diagramme illustre un pipeline refroidi dans une zone non pergélisolée et un pipeline chaud dans une zone pergélisolée. Dans tous les cas, la température des pipelines et des constructions est maintenue au-dessus ou au-dessous de 0 °C pendant plusieurs années.

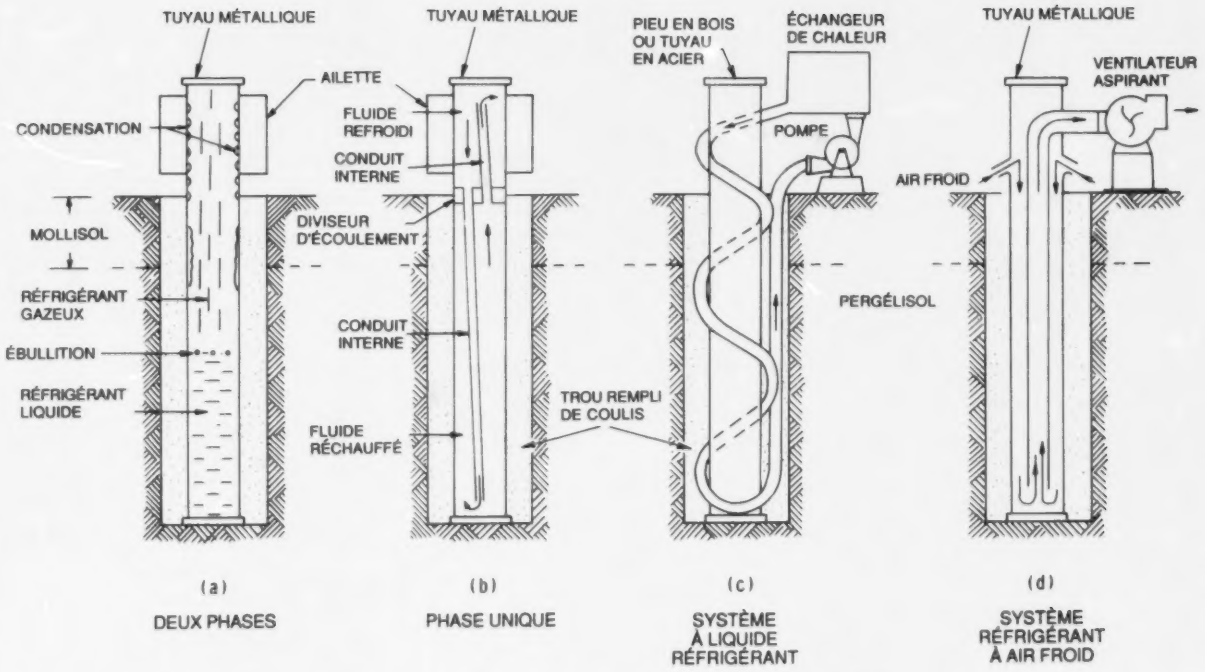


Figure 24 Représentation schématique de plusieurs systèmes de *pieux thermiques* (d'après Johnston, 1981).

La terminologie du pergélisol et notions connexes

On retrouve le pergélisol sous près de la moitié du sol canadien, la gelée saisonnière et terrestre affectant l'autre moitié à différents degrés. La croissance économique remarquable du nord du Canada au cours des vingt dernières années à accentué les problèmes causés par le pergélisol et la gelée terrestre ainsi que l'importance d'une terminologie commune permettant de discuter de ces problèmes. Ce guide, renfermant plus de 200 termes définis, une bibliographie complète des documents connexes de même que 70 illustrations, fournit une approche normalisée à la terminologie du pergélisol et résume bon nombre d'importants concepts et de nouveaux éléments susceptibles de nous aider à mieux comprendre le phénomène du pergélisol en Amérique du nord.

ISBN 0-660-12540-4
CNRC 27952 F
Note de service technique no 142

Conseil national de recherches du Canada